จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนวิจัย
กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

รายงานผลการวิจัย

การสกัดน้ำมันจากเมล็ดแมงลักและคุณสมบัติการพองตัวของสารเมือกจากกากที่เหลือ

Extraction of Oil from Hairy Basil (*Ocimum* spp.) Seeds and Swelling Properties of Mucilage from Seed Residues

โดย

นางศรินทิพ สุกใส

นางสาวศจี น้อยตั้ง

สถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธันวาคม 2550

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์ ดร.อมร เพชรสม รองศาสตราจารย์ ดร.นลิน นิลอุบล รองศาสตราจารย์ ดร.ไพเราะ ปิ่นพานิชการ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ให้ข้อคิด และให้กำลังใจมาโดยตลอด จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์ นายแพทย์สุทธิพร จิตต์มิตรภาพ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาพร ลักษณียนาวิน คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน และส่วนส่งเสริมและพัฒนาวิจัย สำนักบริหารวิชาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านงบประมาณ ค่าใช้จ่าย ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผ่านทางทุนวิจัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช ประจำปีงบประมาณ 2550

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ น้อง ในสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้ความรัก และให้กำลังใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบคุณ นางสาวปริชาติ ลบแย้ม และว่าที่ร้อยเอก วีระเดช สุดเอียด ที่ได้ช่วยเหลือให้งานวิจัยนี้ดำเนินไปได้ด้วยความราบรื่นและสำเร็จตามวัตถุประสงค์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อโครงการวิจัย การสกัดน้ำมันจากเมล็ดแมงลักและคุณสมบัติการพองตัวของสารเมือกจากกากที่เหลือ
ชื่อผู้วิจัย นางศรินทิพ สุกใส และ นางสาวศจี น้อยตั้ง
ปีที่ทำวิจัยเสร็จ ธันวาคม 2550

บทคัดย่อภาษาไทย

จากการศึกษากระบวนการสกัดน้ำมันของเมล็ดแมงลัก พบว่า การสกัดด้วยวิธี Supercritical carbondioxide extraction ซึ่งเป็นการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวที่อุณหภูมิต่ำความดันสูง แม้จะได้ปริมาณน้ำมันที่สกัดออกมาต่ำกว่า การสกัดด้วยวิธีแบบดั้งเดิม (Solvent extraction) ที่ใช้ตัวทำละลายเฮกเซน หรือปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ ที่อุณหภูมิสูง แต่น้ำมันที่สกัดได้มีคุณลักษณะคล้ายกัน คือ มีค่าความถ่วงจำเพาะที่ 0.90 – 0.92 มิลลิลิตร/กรัม, มีค่า Insoluble impurities อยู่ในปริมาณร้อยละ 0.07 – 0.12, ค่า Refractive Index อยู่ในช่วง 1.4720 – 1.4795, มีกลิ่นเหม็นเขียวและรู้สึกเย็นขึ้นจมูกเล็กน้อย นอกจากนี้ น้ำมันที่สกัดด้วยวิธี Supercritical carbondioxide extraction ยังมีค่า Acid value และค่าความชื้นและสารระเหยที่ปนอยู่ในน้ำมันต่ำที่สุด และมีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวรวมสูงถึง 90% คือ กรดลิโนลินิค (C18:3) 54.26%, กรดลิโนลิอิก (C18:2) 22.14%, กรดโอลิอิก (C18:1) 14.21% และกากที่เหลือหลังสกัดน้ำมันแล้วมีค่าความสามารถในการพองตัว (90 มิลลิลิตร/กรัม) และการอุ้มน้ำ (52 กรัม/กรัม) สูงขึ้น เมื่อเทียบกับค่าความสามารถในการพองตัว (49 มิลลิลิตร/กรัม) และการอุ้มน้ำ (32 กรัม/กรัม) ของเมล็ดแมงลักก่อนการสกัดน้ำมัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Project Title Extraction of Oil from Hairy Basil (*Ocimum spp.*) Seeds and Swelling Properties of Mucilage from Seed Residues

Name Sarintip sooksai and Sajee Noitang

Year December 2007

Abstract

In this work, oil extraction from Hairy Basil seeds using different techniques was studied. The results showed that the lower amount of oil was obtained when using liquid carbondioxide extraction at low temperature and high pressure, so called "Supercritical carbondioxide extraction", as compared with a classical solvent extraction using hexane or petroleum ether at high temperature. Nonetheless, the properties of the oil extracted by 2 different methods including specific gravity (0.90 – 0.92 ml/g), insoluble impurities (0.07 – 0.12%), and refractive index (1.4720 – 1.4795) with the icy-foul smelling were similar. However, the lower acid value, moisture content, and volatile matter were obtained when using Supercritical carbondioxide extraction. High unsaturated fatty acid composition up to 90% was also obtained. Those unsaturated fatty acid included 54.26% of linolenic acid (C18:3), 22.14% of linoleic acid (C18:2), and 14.21% of oleic acid (C18:1). In addition, specific swelling volume (90 ml/g) and water holding capacity (52 g/g) of seed residues after extraction were higher than those of Hairy Basil seeds before entering oil extraction process (49 ml/g and 32 g/g, respectively).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อภาษาไทย	ii
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	iii
สารบัญ	iv
รายการตารางประกอบ	v
รายการภาพประกอบ	vii
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	7
บทที่ 3 ผลการวิจัย	12
บทที่ 4 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย	29
เอกสารอ้างอิง	31
ภาคผนวก ก	34
ภาคผนวก ข	39

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 1.1	องค์ประกอบของไขมันในเมล็ดพืชน้ำมัน	6
ตารางที่ 3.1	ความสามารถในการพองตัวของเมล็ดแมงลักที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ก่อนการบีบ/สกัด	12
ตารางที่ 3.2	ค่าปริมาตรในการพองตัวของเมล็ดแมงลักที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ก่อนการบีบ/สกัด	13
ตารางที่ 3.3	ผลการสกัดน้ำมันจากเมล็ดแมงลักด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ (Solvent extraction)	14
ตารางที่ 3.4	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆในเชิงปริมาณของน้ำมันที่สกัดได้ต่อน้ำหนักเมล็ด	15
ตารางที่ 3.5	องค์ประกอบทางอาหารของเมล็ดแมงลักและกากเมล็ดแมงลักหลังสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง	16
ตารางที่ 3.6	ชนิดของกรดไขมันในน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย (Soxhlet extraction) และเครื่อง Supercritical carbondioxide	17
ตารางที่ 3.7	ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย และเครื่อง Supercritical carbondioxide	19
ตารางที่ 3.8	ค่าความชื้นและสารระเหยในน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย และเครื่อง Supercritical carbondioxide	19
ตารางที่ 3.9	ค่า Insoluble impurities ของน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย และเครื่อง Supercritical carbondioxide	20
ตารางที่ 3.10	ค่า Acid value (AV) ของน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย และเครื่อง Supercritical carbondioxide	20
ตารางที่ 3.11	ค่า Peroxide value (PV) ของน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย และเครื่อง Supercritical carbondioxide	21
ตารางที่ 3.12	ค่า Refractive Index ของน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย และเครื่อง Supercritical carbondioxide	21
ตารางที่ 3.13	ค่าสีของน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลายและเครื่อง Supercritical carbondioxide วัดด้วยวิธี Colorimeter	22

ตาราง **หน้า**

ตารางที่ 3.14 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการพองตัวของกากแมงลักหลังสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย และเครื่อง Supercritical carbondioxide 24

ตารางที่ 3.15 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการอุ้มน้ำของกากแมงลักหลังสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย และเครื่อง Supercritical carbondioxide 25

ตารางที่ 3.16 ปริมาณสาร Aflatoxin ในเมล็ดแมงลัก และกากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่อง Supercritical carbondioxide 27

ตารางที่ 3.17 ปริมาณสาร Aflatoxin ในเมล็ดแมงลักจากตลาดเก่าเยาวราช และในเมล็ดแมงลักที่ผ่านการกะเทาะเมล็ดแบบแห้ง 28

ตารางที่ ข.1 แสดงข้อมูลค่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ด้วยตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเธอร์และเฮกเซน 39

ตารางที่ ข.2 การวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ด้วยตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเธอร์และเฮกเซน 40

รายการภาพประกอบ

รูปที่ **หน้า**

1.1 โครมาโทแกรมแสดงชนิดของกรดไขมันที่พบในน้ำมันเมล็ดแมงลัก 2
1.2 เมล็ดแมงลัก 4
2.1 เครื่องไฮโดรลิก (Hydraulic box pressing) 8
2.2 ชุด Soxhlet สำหรับการสกัดด้วยตัวทำละลาย 9
2.3 เครื่อง Attrition mill 9
2.4 เครื่อง Supercritical carbondioxide extraction 10
2.5 เครื่อง Gas chromatography (GC) 10
3.1 น้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่สกัดจากตัวทำละลายและวิธีทางกายภาพร่วมกับตัวทำละลาย 14
3.2 กากเมล็ดแมงลักหลังสกัดน้ำมันด้วยเครื่อง Supercritical carbondioxide 3 ขนาด 15
3.3 ตัวอย่างโครมาโทแกรมแสดงแบบแผนกรดไขมันของน้ำมันจากเมล็ดแมงลักโดยเครื่อง GC 17
3.4 ลักษณะการพองตัวของเมล็ดแมงลัก และเส้นใยที่ผ่านการย้อมสีด้วยสารละลายไอโอดีน ดูผ่านกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 4, 10 และ 40 เท่า 23
3.5 ลักษณะเส้นใยของกากเมล็ดแมงลักหลังสกัดน้ำมันที่ผ่านการย้อมสีด้วยสารละลายไอโอดีน ดูผ่านกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40 เท่า 23
3.6 ลักษณะการพองของผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเส้นใย 26

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

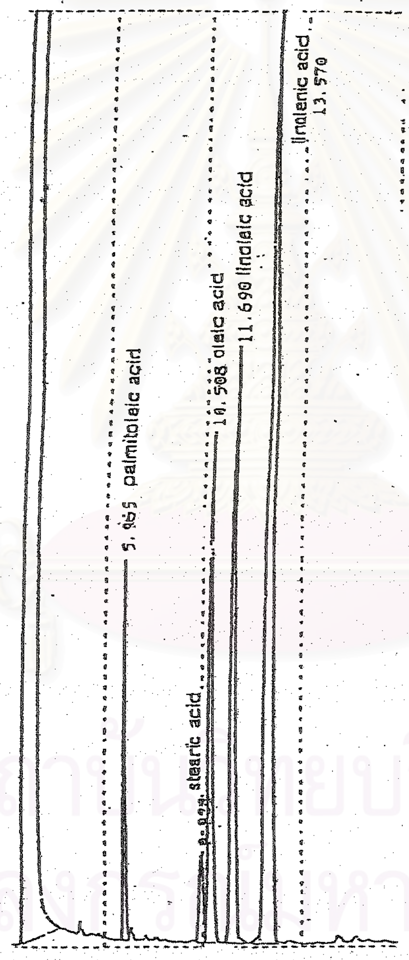
บทที่ 1
บทนำ

กระบวนการสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก เพื่อนำไปใช้เป็นยาระบายชนิดเพิ่มกาก (bulk laxative) และสารเพิ่มมวลในอาหารถ่วงท้องสำหรับผู้ต้องการควบคุมน้ำหนัก พบว่า น้ำมันในเมล็ดแมงลักเป็นอุปสรรคที่สำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการสกัดสารเมือก เพราะน้ำมันจะทำให้อนุภาคของเมล็ดแมงลักติดค้างตามส่วนต่างๆ ของอุปกรณ์ และเกิดการอุดตันได้ แต่จากการศึกษาวิจัยเบื้องต้นของคณะผู้วิจัยและผลงานวิทยานิพนธ์ที่ดำเนินงานในสถาบันฯ (จารุกร สุวรรณเมือง, 2542) พบว่า น้ำมันของเมล็ดแมงลักมีองค์ประกอบของกรดไขมันจำเป็น (Essential Fatty Acids; โอเมก้า-3 และ โอเมก้า-6) อยู่ในสัดส่วนที่สูงมาก (มากกว่า 70% ของกรดไขมันทั้งหมด) (ดังแสดงในรูปที่ 1.1) ร่างกายคนเราจำเป็นต้องได้รับกรดไขมันจำเป็นเหล่านี้จากอาหาร เนื่องจากไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือ กรดลิโนลินิค (C18:3, โอเมก้า-3) และกรดลิโนลิอิก (C18:2, โอเมก้า-6) ซึ่งกรดไขมันจำเป็นทั้งสองมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และยังมีคุณประโยชน์ทางด้านการใช้เป็นยารักษาและป้องกันโรค มีรายงานวิจัย พบว่า กรดลิโนลินิค (โอเมก้า-3) มีคุณสมบัติยับยั้งการเติบโตของเซลล์เนื้องอก (antitumor) และทำให้เซลล์มะเร็งตับตายได้ (apoptosis of hepatoma cells) (Vecchini et al., 2003) การศึกษาในคนที่รับประทานอาหารที่มีกรดไขมันโอเมก้า-3 อยู่ในระดับที่มากพอ สามารถช่วยลดความเสี่ยงในการตายด้วยโรคหัวใจได้อย่างชัดเจน โดยพบว่า กรดลิโนลินิคมีความสามารถในการป้องกันการสั่นของกล้ามเนื้อหัวใจ (ventricular fibrillations) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มากกว่ากรดอีโคซาเพนตาอีโนอิค (EPA) และกรดโดโคซาเฮกซาอีโนอิค (DHA) (Djousse et al. 2003, Zampelas et al., 2003) ยังมีรายงานพบว่า กรดลิโนลินิคที่สกัดจากใบของต้น *Schotia brachypetala* มีความสามารถในการต้านการเจริญของแบคทีเรียทั้งแกรมบวก (*Bacillus subtilis* and *Staphylococcus aureus*) และแกรมลบ (*Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae*) (McGaw et al., 2002)

โดยพบรายงานการศึกษาเกี่ยวกับน้ำมันจากเมล็ดแมงลัก จากการศึกษาของ อวย เกตุสิงห์ และอุไร อรุณลักษณ์ (2493) พบว่า จากการสกัดด้วยอีเธอร์ เมล็ดแมงลักมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบอยู่ 19.60% น้ำมันที่ได้มีกลิ่นจำเพาะคล้ายกลิ่นแมงลักแช่น้ำ เมื่ออบความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส 4 ถึง 6 ชั่วโมง จะกลายสภาพเป็นของแข็งไม่ละลายในอีเธอร์ ลักษณะคล้ายน้ำมันผสมสีที่แห้งได้ ; ป่วน เจริญพานิช (2518) พบว่า เมื่อตำเมล็ดแมงลักให้แตก จะมีน้ำมันเยิ้ม และเนื้อในมีสีขาว มีกลิ่นเหม็นเขียวไม่เหมาะแก่การรับประทาน และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของเมล็ดแมงลักคือ ความชื้น 10.3%, โปรตีน 15.5%, ไขมัน 18.3%, เส้นใย 32.5%, และเถ้า 4.4% โดยน้ำมันมีสีเหลือง ไม่มีรส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ละลายในอีเธอร์และโคลโรฟอร์ม มีค่า refractive index ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เท่ากับ 1.4748 มีค่า specific gravity ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เท่ากับ 0.922 ค่า saponification value 192 ค่า acid number 4.7 และมีค่า iodine number 183 เนื่องจากมีค่า iodine number สูง คล้าย linseed oil จึงจัดน้ำมันแมงลักเป็นน้ำมันชักแห้ง (drying oil)



รูปที่ 1.1 โครมาโทแกรมแสดงชนิดของกรดไขมันที่พบในน้ำมันเมล็ดแมงลัก (จารุกร สุวรรณเมือง, 2542)

ในด้านการศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการพองตัว และการอุ้มน้ำของเมล็ดแมงลักนั้น พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อการอุ้มน้ำและการพองตัว โดยจารุกร สุวรรณเมือง (2542) รายงานว่า สาร

เมือกของเมล็ดแมงลักมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ และการพองตัวของเมล็ดแมงลักจะลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น ; อวย เกตุสิงห์ และอุไร อรุณลักษณ์ (2493) กล่าวว่า สารเมือกเมล็ดแมงลักจะพองตัวเร็วที่อุณหภูมิสูงและช้าที่อุณหภูมิต่ำ และการพองตัวของเมล็ดแมงลักจะดีที่สุดในสารละลายที่เป็นกลาง และพองตัวในกรดได้ช้ากว่าในด่าง โดยพบว่าการต้มเมล็ดแมงลักในกรดเข้มข้นเพียง 10 นาที จะทำให้คุณสมบัติการพองตัวของเมล็ดแมงลักเสียไป; ศศิธร เรืองจักรเพ็ชร และปราณี อ่านเปรื่อง (2545) รายงานว่า สารเมือกจากเมล็ดแมงลักที่อบที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานจะทำให้ความสามารถในการละลายกลับของสารเมือกลดลง

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น คณะผู้วิจัยเห็นควรทำการศึกษากระบวนการที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากเมล็ดแมงลัก โดยวิเคราะห์ ทั้งในเชิงปริมาณ และคุณภาพ โดยวิเคราะห์ปริมาณของน้ำมันที่สกัดได้ เทียบกับน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้นที่ใช้ในการสกัด เพื่อดูประสิทธิภาพในการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ, ศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมัน และคุณลักษณะของน้ำมันเมล็ดแมงลัก ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมัน, ค่า acid value, ค่า peroxide value, insoluble impurities, เถ้า, ความชื้น, กลิ่น และสีของน้ำมันที่สกัดได้ โดยทั้งนี้ กระบวนการสกัดน้ำมันนั้นจะต้องไม่ทำให้คุณสมบัติการพองตัว และการอุ้มน้ำของสารเมือกที่เปลือกเมล็ดแมงลักเสียไป

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนากระบวนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดแมงลัก ทั้งในเชิงปริมาณ และคุณภาพ โดยศึกษาคุณลักษณะของน้ำมันด้วยการวิเคราะห์ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมัน, ค่า acid value, ค่า peroxide value, insoluble impurities, เถ้า, ความชื้น, กลิ่น และสี ของน้ำมันที่สกัดได้ รวมทั้ง ศึกษาคุณสมบัติการพองตัวและการอุ้มน้ำของสารเมือกบนเปลือกเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดน้ำมันแล้ว เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารและยา

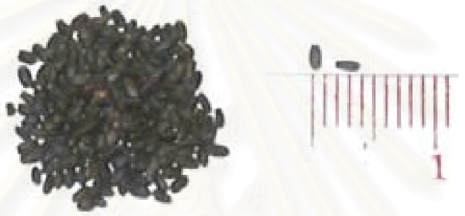
ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาวิจัยกระบวนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดแมงลักด้วยวิธีทางกายภาพ และวิธีทางเคมีที่เหมาะสม ที่ไม่ทำให้การพองตัวและการอุ้มน้ำของสารเมือกที่เปลือกเมล็ดแมงลักเสียไป, วิเคราะห์คุณลักษณะ, คุณสมบัติของน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดแมงลัก คือ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมัน, ค่า acid value, ค่า peroxide value, insoluble impurities, เถ้า, ความชื้น, กลิ่น และสี และองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดแมงลัก

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แมงลักเป็นพืชล้มลุกที่สามารถปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ปลูกง่าย ใช้ประโยชน์ได้ทั้งใบและเมล็ด (สุมิตรา คงชื่นสิน, 2532) โดยใบสดนำมาใช้ประกอบอาหารคาว เพราะมีกลิ่นหอม เช่น

ใส่ในแกงเลียง หรือ ใช้ทานสดกับขนมจีนน้ำยา เป็นต้น ส่วนเมล็ดแมงลัก (Ocimum Seeds) นั้นมีลักษณะยาวรี ขนาดเล็ก เมื่อแช่น้ำจะพองตัวมีขนาดใหญ่ขึ้น (ดังแสดงในรูปที่ 1.2) ถูกนำมารับประทานเป็นของหวาน และใช้เป็นยาระบายอ่อนๆ ในตำราสมุนไพรไทย และยังสามารถช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยที่เป็นเบาหวานได้ (มณฑนา ธีรจันทรานนท์, 2539) ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติการพองตัวอุ้มน้ำของสารเมือก (polysaccharide) ที่เปลือกเมล็ดแมงลัก และมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสกัดแยกสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก ในประเทศไทยที่น่าสนใจ อยู่หลายวิธี (ป่วน เจริญพานิช, 2518; ชูศักดิ์ วรวิทย์อุดมสุข, 2525; ปลื้มจิตต์ โรจนพันธุ์ และคณะ, 2526; หนู สมจรรยากุล, 2531; จารุกร สุวรรณเมือง, 2542)



รูปที่ 1.2 เมล็ดแมงลัก

แมงลัก เป็นพืชในวงศ์ Lamiaceae (Libiatae) ชื่อสกุล (Genus) *Ocimum* spp. ชื่อสามัญ Hairy Basil แมงลักจัดเป็นพืชในตระกูลเดียวกับ กระเพรา, โหระพา ซึ่งจัดเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่ง โดยพืชในกลุ่มนี้ใบของมันเป็นแหล่งของ essential oils หลายชนิด (Simon, JE., et al., 1990) เช่น methyl chavicol, eugenol linalool, camphor, and methyl cinnamate เป็นต้น ซึ่งน้ำมันที่สกัดได้จากใบของพืชในกลุ่มนี้ มีกลิ่นหอม และมีฤทธิ์ทางชีวภาพ (biologically-active) หลายอย่าง คือ มีคุณสมบัติในการฆ่าแมลง (insecticide) (Lukwa N., 1994, Chavan and Nikam, 1982), ฆ่าหนอน (nematicide) (Banu et al., 1992), ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (fungistatic) (Anthony et al., 2004) และแบคทีเรีย (antimicrobial) (Opalchenova and Obreshkova, 2003)

ส่วนของเมล็ดแมงลักที่แช่น้ำจนพองตัวเต็มที่แล้วนั้น มีสรรพคุณเป็นยาระบาย ช่วยเพิ่มกากอาหาร และสามารถหล่อลื่นช่วยทำให้อุจจาระอ่อนตัว ถ่ายได้สะดวก (Worawitudomsak et al., 1982), มีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยที่เป็นเบาหวาน (Viseshakul et al., 1985) และสามารถนำมาใช้ในการดูดซับโลหะหนัก (โครเมี่ยม) ออกจากน้ำเสียได้ (Melo and D'Souza, 2004) อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบรายงานการศึกษากระบวนการการสกัดน้ำมัน และคุณลักษณะของน้ำมันจากเมล็ดแมงลักอย่างจริงจัง

กระบวนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชชนิดต่างๆ มีขั้นตอนที่คล้ายคลึงกัน แต่แตกต่างกันตามลักษณะทางกายภาพ และคุณสมบัติของพืชนั้นๆ โดยมีขั้นตอนหลักๆ ดังนี้ คือ

1. ขั้นการเตรียมวัตถุดิบ เป็นขั้นตอนคัดแยกเอาเศษก้อนกรวด ดิน และสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ ออกจากเมล็ดพืช

2. การนึ่งให้ความร้อนและความชื้นแก่เมล็ดพืช เพื่อลดความหนืดและทำให้น้ำมันไหลออกจากเซลล์ได้ง่ายขึ้น โดยมีองค์ประกอบที่ต้องพิจารณาคือ เวลา อุณหภูมิ ความชื้น และชนิดของเมล็ดพืช

3. การบีบอัด อาจใช้แบบแมคคานิก หรือแบบไฮโดรลิกก็ได้ หรือก่อนการบีบอาจต้องกะเทาะเปลือกและย่อยให้เป็นชิ้นเล็กๆ แต่ ในพืชพวกที่มีน้ำมันน้อยอาจสามารถใช้วิธีสกัดโดยไม่ต้องอัดก่อนได้

4. การสกัด เป็นการใช้ตัวทำละลายช่วยละลายน้ำมันออกจากเมล็ดพืช และมีปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพของการสกัดโดยตัวทำละลาย คือชนิดของตัวทำละลาย ปริมาณของตัวทำละลาย อุณหภูมิในการสกัด เวลาที่ใช้ ฯลฯ ปัจจัยเหล่านี้ มีความแตกต่างกันไปตามแต่ชนิดของเมล็ดพืช (วิไล คุณูปการ, 2527; วีระวัฒน์ แซ่จู, 2544)

จากการศึกษาเบื้องต้นของคณะผู้วิจัย พบว่า น้ำมันในเมล็ดแมงลักมีกรดไขมันจำเป็น คือ กรดลิโนลินิค อยู่ในปริมาณที่สูง (50.6%) (ดังแสดงใน รูปที่ 1.1) ใกล้เคียงกับ น้ำมันจากเมล็ดลินิน (flax) และจากการสำรวจองค์ประกอบน้ำมันในเมล็ดพืชน้ำมันชนิดต่างๆ จะเห็นว่า เมล็ดพืชน้ำมันโดยส่วนใหญ่ มีกรดลิโนลินิคอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ ดังในตารางที่ 1 แต่จากการศึกษาวิจัยในปัจจุบันระบุแน่ชัดว่า การรับประทานอาหารที่มีสัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า-3 ต่อโอเมก้า-6 ต่ำ หรืออาหารที่ขาดกรดไขมันโอเมก้า-3 เสี่ยงต่อการเป็นโรคต่างๆ หลายอย่าง ทั้งโรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรคระบบภูมิคุ้มกัน และการอักเสบ ซึ่งการเพิ่มระดับกรดไขมันโอเมก้า-3 ในร่างกายสามารถช่วยลดอาการของโรคต่างๆ ดังกล่าวได้ (Simopoulos, 2002)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1.1 องค์ประกอบของไขมันในเมล็ดพืชน้ำมัน (http://curezone.com/foods/fatspercent.asp)

Seeds		Fatty acid percentage in oil (%)						
		Polyunsaturated			Mono-unsaturated	Saturated		
Name	**Fat in seeds (%)**	**LNA 18:3w3**	**LA 18:2w6**	**w3+ w6**	**18:1w9**	**18:0**	**16:0**	**Total**
flax	35	58	14	72	19	4	5	9
soybean	17.7	7	50	57	26	6	9	15
walnut	60	5	51	56	28	5	11	16
Evening primrose	17	-	81	81	11	2	6	8
safflower	59.5	-	75	75	13	12	-	12
sunflower	47.3	-	65	65	23	12	-	12
sesame	49.1	-	45	45	42	13	-	13
cottonseed	40	-	50	50	21	25	-	25
peanut	47.5	-	29	29	47	18	-	18
olive	20	-	8	8	75	16	-	16
coconut	35.3	-	3	3	6	-	91	91
Palm kernel	35.3	-	2	2	13	-	85	85

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 อุปกรณ์และสารเคมี

2.1.1 เครื่อง Hot air oven (ตู้อบอากาศร้อน) รุ่น 94789 บริษัท Contherm Scientific จำกัด ประเทศนิวซีแลนด์

2.1.2 เครื่อง Hydraulic press (เครื่องไฮโดรลิค) รุ่น 10T ของบริษัท รอยัล เมชชีนเนอรี่ จำกัด ประเทศไทย

2.1.3 เครื่อง Rotary evaporator (เครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน)

2.1.4 เครื่อง GC รุ่น 6890 บริษัท เอจิเลนต์ เทคโนโลยี จำกัด ประเทศไทย

2.1.5 เตาเผา รุ่น Carbolite control 201 จัดจำหน่าย โดย บริษัท ไซแอนตินิกโปรโมชั่น จำกัด ประเทศไทย

2.1.6 ชุดกรอง

2.1.7 เครื่อง Suction pump

2.1.8 เครื่อง Kjeldahl (digestion unit Buchi รุ่น 425 และ distillation unit Buchi รุ่น 315) จัดจำหน่ายโดยบริษัท เบคไทย จำกัด ประเทศไทย

2.1.9 เครื่องชั่งแบบละเอียด (electronic balance) รุ่น FX-180A ของบริษัท A&D ประเทศญี่ปุ่น

2.1.10 ชุด Soxhlet หรือ ชุดสกัดสาร ของ Duran ประเทศเยอรมัน

2.1.11 เครื่อง antrition mill

2.1.12 เครื่อง Supercritical carbondioxide รุ่น 24L-FFE ประเทศจีน

2.1.13 กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 2

2.1.14 เอธิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol), commercial grade, ประเทศไทย

2.1.15 เฮกเซน (Haxane), analytic grade, Merck ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.1.16 ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ (Petroleum ether), analytic grade, J.T. Beaker ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.1.17 เมล็ดแมงลักจากตลาดเก่าเยาวราช

2.1.18 อุปกรณ์เครื่องแก้วพื้นฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 ศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันเมล็ดแมงลักด้วยวิธีทางกายภาพ ร่วมกับวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย

2.2.1.1 ศึกษาเปรียบเทียบการให้ความร้อนกับเมล็ดแมงลักที่อุณหภูมิต่างๆ ก่อนการบีบ/สกัด

นำเมล็ดแมงลักมาทำการอบในตู้อบแบบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 80, 100, 120 และ $140^{\circ}C$ นาน 1 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 80 และ $100^{\circ}C$ ข้ามคืน (Over night) โดยมีเมล็ดแมงลักที่ไม่ผ่านการอบเป็นตัวควบคุม (Control) แล้วมาทำการทดสอบความสามารถในการพองตัว และอุ้มน้ำของเมล็ดแมงลัก (แสดงวิธีวิเคราะห์ในภาคผนวก ก)

2.2.1.2 การบีบอัดด้วยเครื่องไฮโดรลิก (Hydraulic box pressing)

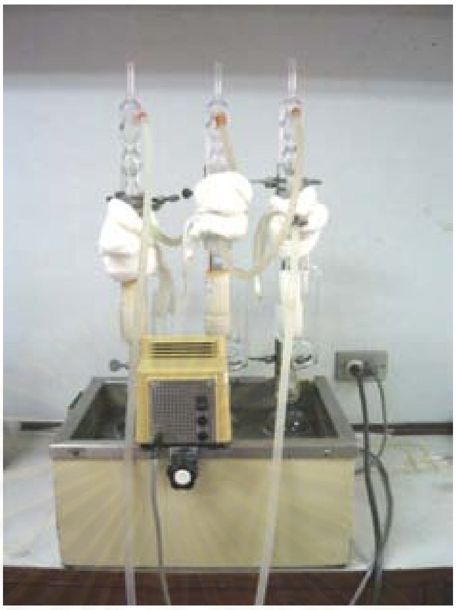
นำเมล็ดแมงลักที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิที่เหมาะสม แล้วทำการบีบด้วยเครื่องไฮโดรลิก ที่แรงดัน 1.03 ปอนด์/ตารางนิ้ว (ดังแสดงในรูปที่ 2.1) ชั่งน้ำหนักของน้ำมันและกากที่ได้หลังบีบน้ำมัน

รูปที่ 2.1 เครื่องไฮโดรลิก (Hydraulic box pressing)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.1.3 การสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ (Solvent extraction)

นำเมล็ดแมงลักทั้งเมล็ดและที่ผ่านการทำให้แตกด้วยครกบดยา (Motar) 20 กรัม แล้วทำการสกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเธอร์, เฮกเซนและ เอธิลแอลกอฮอล์ที่อุณหภูมิ 65, 85 และ $85^{\circ}C$ ตามลำดับ ด้วยชุดกลั่น Soxhlet (ดังแสดงในรูปที่ 2.2) นานประมาณ 10 - 12 ชั่วโมง



รูปที่ 2.2 ชุด Soxhlet สำหรับการสกัดด้วยตัวทำละลาย

2.2.1.4 ศึกษาวิธีการสกัดน้ำมัน ด้วยวิธีทางกายภาพร่วมกับการสกัดด้วยตัวทำละลาย

นำเมล็ดแมงลักที่ผ่านการบดด้วยเครื่อง Attrition mill (ดังแสดงในรูปที่ 2.3) แล้วนำมาทำการสกัดน้ำมันด้วยเครื่อง Supercritical carbondioxide (ดังแสดงในรูปที่ 2.4) ที่ความดัน 275 bar อุณหภูมิ 60°C นาน 12 ชั่วโมง

รูปที่ 2.3 เครื่อง Attrition mill

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.4 เครื่อง Supercritical carbondioxide extraction

2.2.1.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ ในเชิงปริมาณของน้ำมันที่สกัดได้ต่อน้ำหนักเมล็ด

2.2.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางอาหารในเมล็ดแมงลัก

นำเมล็ดแมงลักทั้งเมล็ดเต็มก่อนสกัดน้ำมัน และกากที่เหลือหลังสกัดน้ำมันมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางอาหาร ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เส้นใย และเถ้า โดยทำตามมาตรฐานของ AOAC, 1995 (แสดงวิธีการวิเคราะห์ในภาคผนวก ก)

2.2.3 ศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันด้วยเครื่อง Gas chromatography (GC)

นำน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีต่างๆ มาทำเป็นอนุพันธ์ของกรดไขมันเมธิลเอสเทอร์ (ตามวิธีของ IUPAC, 1979) แล้วนำไปทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC (ดังแสดงในรูปที่ 2.5)

รูปที่ 2.5 เครื่อง Gas chromatography (GC)

โดยใช้แคปปิลารี่คอลัมน์ชนิด HP-INNOWAX ความยาว 30 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.3 มิลลิเมตร เคลือบฟิมล์หนา 0.25 ไมครอน โดยใช้ฮีเลี่ยมเป็นก๊าซตัวพา (carrier gas) อุณหภูมิทางเข้า (Inlet temperature) 150^{O}C, อุณหภูมิตัวตรวจวัด (Detector temperature) 250^{O}C, อุณหภูมิในตู้อบคอลัมล์ เริ่มต้นที่ 150^{O}C เพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 10^{O}C/นาที จนถึงอุณหภูมิ 180^{O}C จากนั้น เพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 2^{O}C/นาที จนถึงอุณหภูมิ 220^{O}C, คงไว้ที่ 220^{O}C, 5 นาที เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งสิ้น 28 นาที เปรียบเทียบเวลาของกรดไขมันที่ปรากฏ กับเวลาของกรดไขมันมาตรฐานในรูปเมธิลเอสเทอร์ และนำพื้นที่ใต้กราฟมาคำนวณคิดเป็นร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด

2.2.4 ศึกษาวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำมัน

โดยวิเคราะห์หาค่าความถ่วงจำเพาะ, ค่า acid value, ค่า peroxide value, insoluble impurities, ความชื้น, เถ้า, กลิ่น และสีของน้ำมันที่สกัดได้ ตามมาตรฐานของ IUPAC,1979 (แสดงวิธีการวิเคราะห์ในภาคผนวก ก)

2.2.5 ศึกษาคุณสมบัติการพองตัวและการอุ้มน้ำของกากที่เหลือ

โดยเปรียบเทียบความสามารถในการพองตัว และอุ้มน้ำของสารเมือกจากกากเมล็ดแมงลักหลังการสกัดน้ำมัน เทียบกับเมล็ดแมงลักที่ไม่ได้ผ่านการสกัดน้ำมัน (แสดงวิธีการวิเคราะห์ในภาคผนวก ก)

2.2.6 ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเส้นใยจากเมล็ดแมงลัก

โดยนำกากแมงลักหลังสกัดน้ำมันมาผสมกับผลิตภัณฑ์งาดำบด/งาขาวบด ที่มีขายในท้องตลาด แล้วนำมาชงน้ำดื่ม เปรียบเทียบลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ กับผลิตภัณฑ์งาดำบด/งาขาวบดที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
ผลการวิจัย

3.1 ศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันเมล็ดแมงลักด้วยวิธีทางกายภาพ ร่วมกับวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย

3.1.1 ศึกษาเปรียบเทียบการให้ความร้อนกับเมล็ดแมงลักที่อุณหภูมิต่างๆ ก่อนการบีบ/สกัด

จากการทดลองนำเมล็ดแมงลักมาทำการอบใน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 80, 100, 120 และ 140^{o}C นาน 1 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 80 และ 100^{o}C ข้ามคืน (Over night) โดยมีเมล็ดแมงลักที่ไม่ผ่านการอบเป็นตัวควบคุม (Control) แล้วทำการทดสอบความสามารถในการพองตัวและอุ้มน้ำของเมล็ดแมงลักหลังให้ความร้อน ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2

ตารางที่ 3.1 ความสามารถในการพองตัวของเมล็ดแมงลักที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ก่อนการบีบ/สกัด

ตัวอย่างเมล็ดแมงลักที่ผ่านการอบด้วย Hot air oven		**ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (g/g)**
เวลาที่ใช้ในการอบ (hr.)	**อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ (^{o}C)**	
Control	ไม่ผ่านการอบ	32.22±0.72
1	80	33.32±1.12
	100	33.45±0.41
	120	20.09±0.96
	140	2.19±0.44
Over night	80	25.64±1.13
	100	12.65±0.22

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2 ค่าปริมาตรในการพองตัวของเมล็ดแมงลักที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ก่อนการบีบ/สกัด

ตัวอย่างเมล็ดแมงลักที่ผ่านการอบด้วย Hot air oven		**ค่าปริมาตรในการพองตัว (ml/g)**
เวลาที่ใช้ในการอบ (hr.)	**อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ (^{o}C)**	
Control	ไม่ผ่านการอบ	49.09±1.27
1	80	34.50±1.07
	100	33.85±0.12
	120	34.22±0.45
	140	7.97±0.04
Over night	80	29.88±0.11
	100	29.16±1.09

จากผลการทดลองการให้ความร้อนโดยใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบต่าง ๆ ผลปรากฏว่า อุณหภูมิที่ไม่มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเมล็ดแมงลักอยู่ในช่วง 80 – 100^{o}C นานไม่เกิน 1 ชั่วโมง และในส่วนของปริมาตรในการพองตัว อุณหภูมิมีผลทำให้ความสามารถในการพองตัวของเมล็ดแมงลักลดลงจากประมาณ 50 มิลลิลิตร/กรัม เป็นประมาณ 35 มิลลิลิตร/กรัม ถ้าอบที่อุณหภูมิ 80 - 120^{o}C นานไม่เกิน 1 ชั่วโมงแต่ถ้าระยะเวลาในการอบนานขึ้นก็จะทำให้ความสามารถในการพองตัวลดลง

3.1.2 การบีบอัดด้วยเครื่องไฮโดรลิก (Hydraulic box pressing)

จากการทดลองนำเมล็ดแมงลักที่ผ่านการอบใน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 80^{o}C เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง มาทำการบีบอัดด้วยเครื่องไฮโดรลิก ผลปรากฏว่า ไม่มีน้ำมันไหลลงภาชนะที่รองรับ มีเพียงน้ำมันเยิ้มเล็กน้อยติดตามผิวเมล็ด

3.1.3 การสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ (Solvent extraction)

จากการทดลองนำเมล็ดแมงลักทั้งเมล็ดมาสกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ พบว่าสามารถสกัดน้ำมันได้เพียง 1% จึงทำเมล็ดแมงลักให้แตกแบบหยาบๆ ด้วยครกบดยาก่อนนำมาสกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเธอร์, เฮกเซน และเอธิลแอลกอฮอล์ พบว่า เอธิลแอลกอฮอล์ไม่สามารถใช้ในการสกัดน้ำมันได้ แต่เมื่อใช้ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ และเฮกเซนสามารถสกัดน้ำมันได้ 15.89 และ 16.83% (w/w) ตามลำดับ ซึ่งน้ำมันที่ได้มีสีเหลืองอ่อน และมีกลิ่นเหม็นเขียวเล็กน้อย ดังแสดงในตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.1

ตารางที่ 3.3 ผลการสกัดน้ำมันจากเมล็ดแมงลักด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ (Solvent extraction)

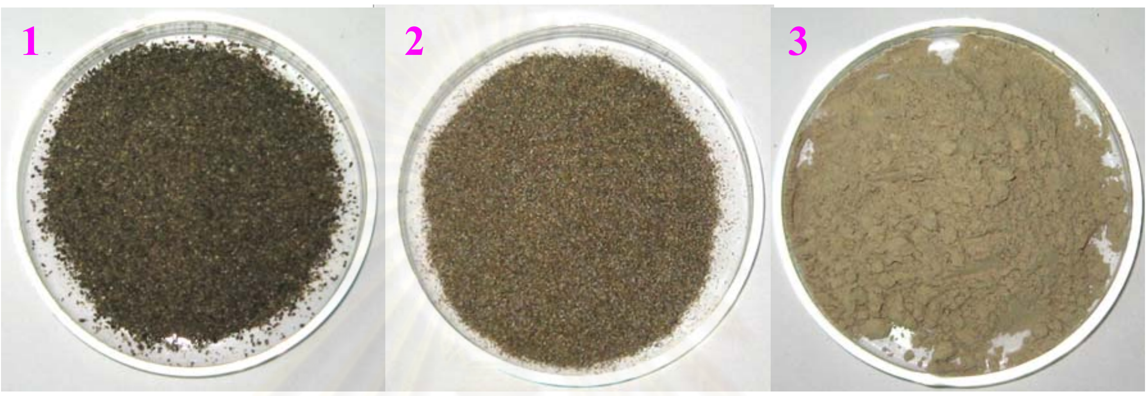
ตัวทำละลาย	เวลาที่ใช้ในการสกัด (hr.)	น.น.เมล็ดแมงลัก (g)	น.น.น้ำมัน (g)	% น้ำมัน (w/w)
ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์	10	20.3	3.22	15.89±0.19
เฮกเซน	10	20.0	3.37	16.83±0.08
เอธิลแอลกอฮอล์	10	20.0	-	-

3.1.4 ศึกษาวิธีการสกัดน้ำมัน ด้วยวิธีทางกายภาพร่วมกับการสกัดด้วยตัวทำละลาย

จากการทดลองสกัดน้ำมันจากเมล็ดแมงลักด้วยเครื่อง Supercritical carbondioxide โดยใช้เมล็ดแมงลัก 9,000 กรัม โดยหลังสกัดได้น้ำมันที่มีลักษณะสีเหลืองปนเขียว ไม่เหมือนน้ำมันที่สกัดด้วยตัวทำละลาย (ดังแสดงในรูปที่ 3.1) ทั้งนี้ อาจเป็นสีจากตัวอย่างใบไม้ที่ทำการสกัดก่อนหน้าด้วยเครื่องเดียวกันปนเข้ามา แม้เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการจะทำการล้างเครื่องมือเป็นอย่างดี ก่อนที่จะสกัดตัวอย่าง แต่เนื่องจากอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการสกัดมีขนาดใหญ่ มีท่อ และข้อต่อต่างๆ ที่ซับซ้อน แต่ถ้าในอุตสาหกรรมจริงที่เรามีอุปกรณ์เครื่องมือเฉพาะสำหรับการสกัดก็จะสามารถแก้ไขปัญหานี้ได้ และมีของแข็งสีขาวลักษณะคล้ายแป้งตกตะกอนอยู่บริเวณด้านล่าง น้ำหนักรวมที่สกัดได้ 1,456.6 กรัม คิดเป็น 16.96% ของน้ำหนักเมล็ดแมงลักที่ใช้ เมื่อนำไปทำการกรองด้วย Separating funnel ได้เฉพาะส่วนของน้ำมัน (crude oil) หนัก 1,250 กรัม คิดเป็น 13.89% (w/w)

รูปที่ 3.1 น้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่สกัดจากตัวทำละลายและวิธีทางกายภาพร่วมกับตัวทำละลาย โดย 1. ปิโตรเลี่ยอีเธอร์ 2. เฮกเซน 3. Supercritical carbondioxide

จากนั้นได้นำเอากากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดน้ำมันด้วยเครื่อง Supercritical carbondioxide 1,786 กรัม มาทำการทดลองแยกขนาด โดยสามารถแยกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่กว่า 315 μm, ขนาดกลาง 90 – 315 μm และ ขนาดเล็กกว่า 90 μm (ดังแสดงในรูปที่ 3.2) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 62.94, 19.63 และ 15.28 ตามลำดับ



รูปที่ 3.2 กากเมล็ดแมงลักหลังสกัดน้ำมันด้วยเครื่อง Supercritical carbondioxide 3 ขนาด คือ 1. ขนาดใหญ่กว่า 315 μm 2. ขนาดกลาง 90 - 315μm 3. ขนาดเล็กกว่า 90 μm

3.1.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่าง ๆ ในเชิงปริมาณของน้ำมันที่สกัดได้ต่อน้ำหนักเมล็ด

โดยนำน้ำมันของเมล็ดแมงลักที่ผ่านการทำให้แตก มาทำการสกัดด้วยตัวทำละลาย และสกัดด้วยเครื่อง Supercritical carbondioxide มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดในเชิงปริมาณของน้ำมันที่สกัดได้ต่อน้ำหนักเมล็ดแมงลักที่ใช้ในการสกัด ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ ในเชิงปริมาณของน้ำมันที่สกัดได้ต่อน้ำหนักเมล็ด

วิธีที่ใช้ในการสกัด	**เวลาที่ใช้สกัด (hr.)**	**น้ำหนักเมล็ดแมงลัก (g)**	**น้ำหนักน้ำมัน (g)**	**% น้ำมัน (w/w)**
ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์	10	20.3	3.22	15.89±0.19
เฮกเซน	10	20.0	3.37	16.83±0.08
Supercritical carbondioxide extraction	12	9,000	1,250	13.89

3.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางอาหารในเมล็ดแมงลัก

จากการทดลองนำเมล็ดแมงลักและกากเมล็ดแมงลักหลังสกัดน้ำมันมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางอาหาร ตามมาตรฐานของ AOAC, 1995 (แสดงวิธีการวิเคราะห์ในภาคผนวก ก) ผลแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 องค์ประกอบทางอาหารของเมล็ดแมงลักและกากเมล็ดแมงลักหลังสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง

องค์ประกอบทางอาหาร	**เมล็ดแมงลัก (%)**	**กากเมล็ดแมงลักหลังสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย**		**กากเมล็ดแมงลักหลังสกัดน้ำมันด้วย Supercritical carbondioxide**			
					ขนาดอนุภาค		
		เฮกเซน (%)	**ปิโตรเลียม (%)**	**ทั้งหมด (%)**	**>315 µm (%)**	**90-315 µm (%)**	**<90 µm (%)**
โปรตีน	17.16±0.11	16.51±1.48	18.02±0.38	20.16±0.15	9.57±0.26	6.77±0.17	57.60±1.66
ไขมัน	18.18±0.49[a]	0.84±0.05	1.32±0.59	1.18±0.15	2.14±0.05	1.25±0.02	2.34±0.04
เส้นใย	30.59	35.49±0.09	35.57±0.31	34.46±0.23	38.30±1.14	38.02±1.11	7.42±0.18
เถ้า	6.34±0.03	7.55±0.01	7.59±0.01	8.01±0.02	7.44±0.06	7.70±0.05	9.60±0.05
คาร์โบไฮเดรต	27.73	39.61	37.50	36.19	42.55	46.26	23.04

หมายเหตุ [a] เป็นปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดเมล็ดแมงลักบดละเอียด ด้วยปิโตรเลี่ยมอีเธอร์

พบว่า เมล็ดแมงลักมีเส้นใยเป็นองค์ประกอบสูงสุด และมีคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน เป็นองค์ประกอบรอง (30.59%, 27.73%, 18.18% และ17.16% ตามลำดับ) และกากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเธอร์, เฮกเซน และด้วยวิธี Supercritical carbondioxide มีปริมาณองค์ประกอบต่างๆ ใกล้เคียงกัน รวมทั้งปริมาณน้ำมันที่เหลือในกากหลังสกัดน้ำมันด้วย แสดงว่า การสกัดน้ำมันด้วยวิธี Supercritical carbondioxide มีประสิทธิภาพไม่ต่างจากการสกัดด้วยตัวทำละลาย แต่ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ด้วยวิธี Supercritical carbondioxide มีค่าต่ำกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย (ตารางที่ 3.4) น่าจะเนื่องมาจาก มีปริมาณน้ำมันส่วนหนึ่งติดค้างตามท่อ และข้อต่อต่างๆ ของเครื่อง และเครื่องที่ใช้เป็นเครื่องขนาดใหญ่ทำให้เปอร์เซ็นการสูญเสียจะสูงกว่าการใช้อุปกรณ์ขนาดเล็ก และเมื่อนำกากที่สกัดด้วยวิธี Supercritical carbondioxide มาทำการแยกขนาด พบว่า ในส่วนของกากที่มีขนาดใหญ่กว่า 315 µm และขนาดกลาง 90 – 315 µm มีองค์ประกอบส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรต และเส้นใยสูงขึ้น มีปริมาณโปรตีนต่ำ แต่ในส่วนขนาดเล็กกว่า 90 µm มีค่า

โปรตีนอยู่สูงถึง 57.60% และมีปริมาณเส้นใยเพียง 7.42% โดยนำทั้ง 3 ส่วนนี้ไปทดสอบความสามารถในการพองตัว และอุ้มน้ำต่อไป

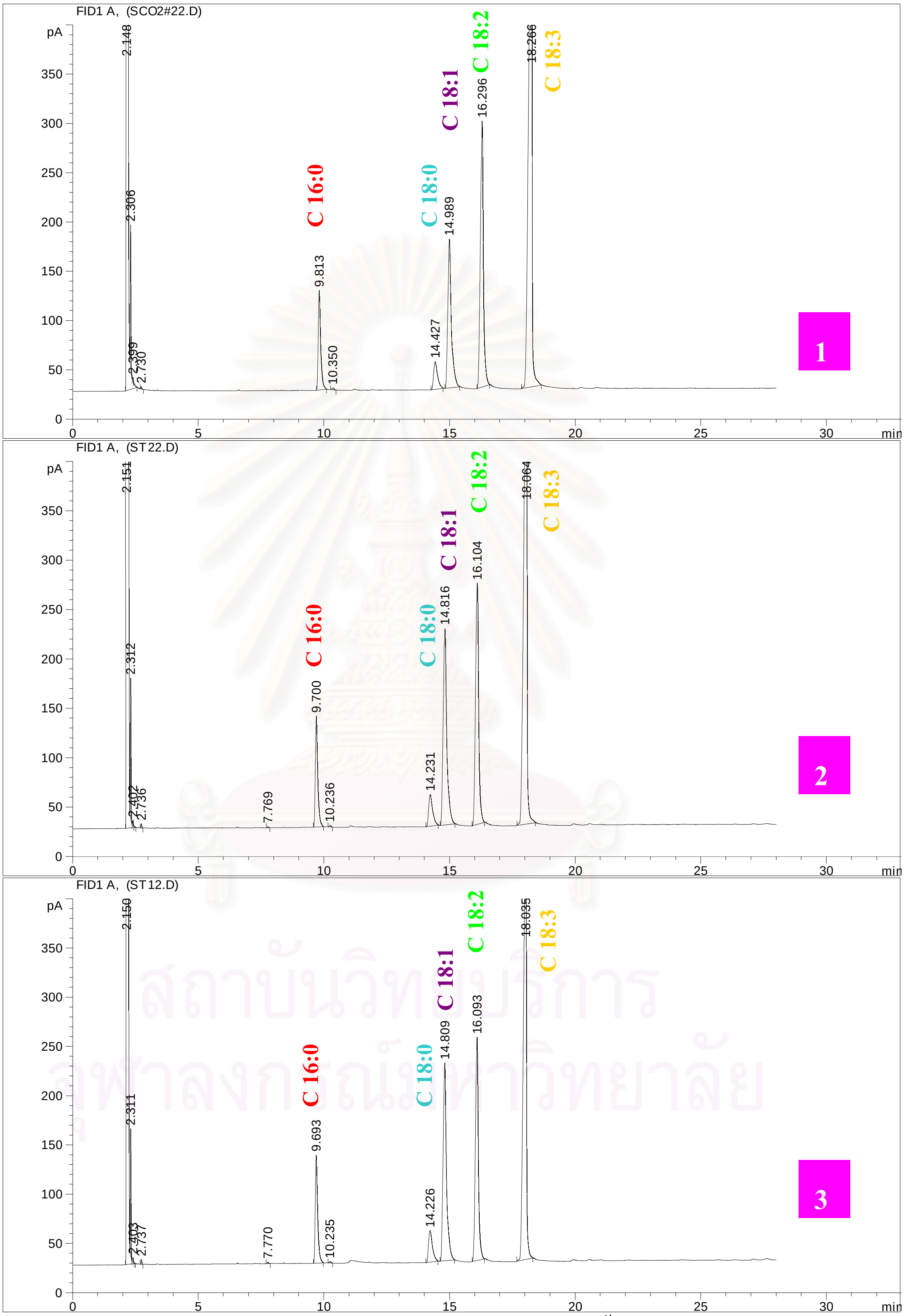
3.3 ศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันด้วยเครื่อง GC

จากการทดลองนำน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีต่างๆ มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันด้วยเครื่อง GC พบว่า องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ มีแบบแผนของกรดไขมันที่คล้ายกัน (ดังแสดงในรูปที่ 3.3) และเมื่อนำพื้นที่ใต้กราฟในแต่ละ Peak มาทำการคำนวณปริมาณกรดไขมันได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ชนิดของกรดไขมันในน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย (Soxhlet extraction) และเครื่อง Supercritical carbondioxide

ชนิดของกรดไขมัน	น้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ผ่านสกัดด้วย		
	สกัดด้วยตัวทำละลาย		Supercritical carbondioxide
	ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์	เฮกเซน	
C 16:0	7.78±0.43	7.48±0.15	6.56±0.22
C 18:0	3.67±0.25	3.44±0.10	2.84±0.07
C 18:1	20.43±1.05	19.66±0.07	14.21±0.11
C 18:2	21.09±0.21	21.01±0.05	22.14±0.29
C 18:3	46.97±1.85	48.38±0.15	54.26±0.68
Other	0.05	0.03	-

จากตารางที่ 3.6 จะเห็นว่า น้ำมันที่สกัดด้วยเครื่อง Supercritical carbondioxide มีค่าสัดส่วนของกรดลิโนลินิค (C18:3) สูงกว่าการสกัดด้วยวิธี Soxhlet extraction ทั้งนี้ น่าจะเป็นเพราะการสกัดด้วยวิธี Soxhlet extraction เป็นการสกัดในระบบเปิดที่น้ำมันมีการสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ และอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดสูง ทำให้โอกาสที่กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะเกิดการออกซิเดชั่นได้ง่ายกว่า การสกัดด้วยวิธี Supercritical carbondioxide ซึ่งเป็นระบบปิดเพื่อควบคุมความดัน ดังนั้น การสกัดด้วยวิธี Supercritical carbondioxide จึงสามารถรักษากรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดหลายตำแหน่ง (C18:2 และ C18:3) ไว้ได้ดีกว่า การสกัดด้วยวิธี Soxhlet extraction



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างโครมาโทแกรมแสดงแบบแผนกรดไขมันของน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่สกัดด้วย Supercritical carbondioxide (1), เฮกเซน (2) และ ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ (3) โดยเครื่อง GC

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 วิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำมัน ทำตามมาตรฐานของ IUPAC,1979

3.4.1 ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันที่สกัดได้

จากการทดลองนำน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีต่างๆ มาทำการวิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน ผลแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย และเครื่อง Supercritical carbondioxide

วิธีที่ใช้ในการสกัด	ค่าความถ่วงจำเพาะ (ml/g)
ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์	0.92±0.01
เฮกเซน	0.90±0.00
Supercritical carbondioxide extraction	0.91±0.00

3.4.2 ค่าความชื้นและสารระเหยในน้ำมันที่สกัดได้ (Moisture and Volatile Matter)

จากการทดลองนำน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีต่างๆ มาทำการวิเคราะห์ค่าความชื้นและสารระเหยในน้ำมัน ผลแสดงในตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ค่าความชื้นและสารระเหยในน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย และเครื่อง Supercritical carbondioxide

วิธีที่ใช้ในการสกัด	ปริมาณความชื้นและสารระเหยในน้ำมัน คิดเป็นร้อยละ
ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์	0.94±0.01
เฮกเซน	7.94±0.29
Supercritical carbondioxide extraction	0.15±0.01

จากการทดลอง พบว่า ค่าความชื้นและสารระเหยของน้ำมันเมล็ดแมงลักที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซนมีค่าความชื้นมากถึง 7.94% ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดน้ำมันด้วยเฮกเซนใช้อุณหภูมิสูงถึง 85°C เป็นเวลานาน และในการทดลองนี้ใช้อ่างน้ำร้อนเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิ (ดังแสดงในรูปที่ 2.2) ไม่ได้ใช้ Metal Heater ดังนั้น ที่อุณหภูมิ 85°C ไอน้ำจะมีการระเหยขึ้นมาในอากาศบริเวณนั้นมาก และเกิดการควบแน่นบริเวณ condenser ของชุดสกัดแบบ Soxhlet extraction ในขณะที่การสกัดด้วยปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ใช้อุณหภูมิ 65°C และการสกัดด้วยเครื่อง Supercritical carbondioxide เป็นระบบปิดตัวอย่างไม่สัมผัสอากาศในขณะที่ทำการสกัด

3.4.3 ค่า Insoluble impurities ของน้ำมันที่สกัดได้

จากการทดลองนำน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีต่างๆ มาทำการวิเคราะห์ค่า Insoluble impurities พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันในปริมาณร้อยละ 0.07 – 0.12 ผลแสดงในตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 ค่า Insoluble impurities ของน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย และเครื่อง Supercritical carbondioxide

วิธีที่ใช้ในการสกัด	**ปริมาณ insoluble impurities ในน้ำมัน คิดเป็นร้อยละ**
ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์	0.12±0.01
เฮกเซน	0.07±0.01
Supercritical carbondioxide extraction	0.09±0.01

3.4.4 ค่า Acid value (AV) ของน้ำมันที่สกัดได้

จากการทดลองนำน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีต่างๆ มาทำการวิเคราะห์ค่า AV ผลแสดงในตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ค่า Acid value (AV) ของน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย และเครื่อง Supercritical carbondioxide

วิธีที่ใช้ในการสกัด	**ค่า AV ในน้ำมัน (mg. KOH/g. oil)**
ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์	24.42±0.89
เฮกเซน	23.45±0.66
Supercritical carbondioxide extraction	10.61±0.77

พบว่า น้ำมันเมล็ดแมงลักที่สกัดด้วยเครื่อง Supercritical carbondioxide มีค่า AV ต่ำกว่า ค่า AV ของน้ำมันเมล็ดแมงลักที่สกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ และเฮกเซนแสดงว่า การใช้วิธี Supercritical carbondioxide ในการสกัดน้ำมันทำให้น้ำมันที่ได้มีปริมาณกรดไขมันอิสระปนอยู่น้อยกว่า การใช้ตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ และเฮกเซนในการสกัด

3.4.5 ค่า Peroxide value (PV) ของน้ำมันที่สกัดได้

จากการทดลองนำน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีต่างๆ มาทำการวิเคราะห์ค่า PV ผลแสดงในตารางที่ 3.11 พบว่า ค่า PV ของน้ำมันแมงลักได้จากการสกัดทั้ง 3 วิธีมีค่าต่ำมาก ซึ่งน้ำมันที่ดีควรเป็นน้ำมันที่ค่า PV ต่ำกว่า 10 mg. eq./kg. oil

ตารางที่ 3.11 ค่า Peroxide value (PV) ของน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลายและเครื่อง Supercritical carbondioxide

วิธีที่ใช้ในการสกัด	**ค่า PV ในน้ำมัน (mg. eq./kg. oil)**
ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์	0.0021
เฮกเซน	0.0016
Supercritical carbondioxide extraction	0.0050

3.4.6 กลิ่นของน้ำมันที่สกัดได้

จากการทดลองดมกลิ่นน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ได้จากการสกัดด้วยวิธี Supercritical carbondioxide extraction พบว่า เมื่อสูดดมจะมีกลิ่นเหม็นเขียวและรู้สึกเย็นขึ้นจมูกเล็กน้อย ส่วนที่สกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ และเฮกเซน จะมีกลิ่นของตัวทำละลายปนอยู่เล็กน้อย

3.4.7 ค่า Refractive Index ของน้ำมันที่สกัดได้

จากการทดลองนำน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีต่างๆ มาทำการวิเคราะห์ค่า Refractive Index พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 1.4720 – 1.4795 ผลแสดงในตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 ค่า Refractive Index ของน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย และเครื่อง Supercritical carbondioxide

วิธีที่ใช้ในการสกัด	**ค่า Refractive Index ในน้ำมัน**
ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์	1.4720
เฮกเซน	1.4760
Supercritical carbondioxide extraction	1.4795

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4.8 สีของน้ำมันที่สกัดได้

จากการทดลองนำน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีต่างๆ มาทำการวิเคราะห์สีด้วยวิธี Colorimeter (AOAC, 1993) ด้วยเครื่อง Spectraflash SF600 Plus Datacolor International (ส่งวิเคราะห์ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) ผลแสดงในตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 ค่าสีของน้ำมันจากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดด้วยตัวทำละลาย และเครื่อง Supercritical carbondioxide วัดด้วยวิธี Colorimeter

วิธีที่ใช้ในการสกัด	**ค่าสีของน้ำมัน**		
	L	a	b
ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์	92.84	-5.11	40.84
เฮกเซน	83.32	-3.69	46.06
Supercritical carbondioxide extraction	81.38	-1.42	77.66

หมายเหตุ L หมายถึง ความสว่าง

a+ หมายถึง สีแดง

a- หมายถึง สีเขียว

b+ หมายถึง สีแดง

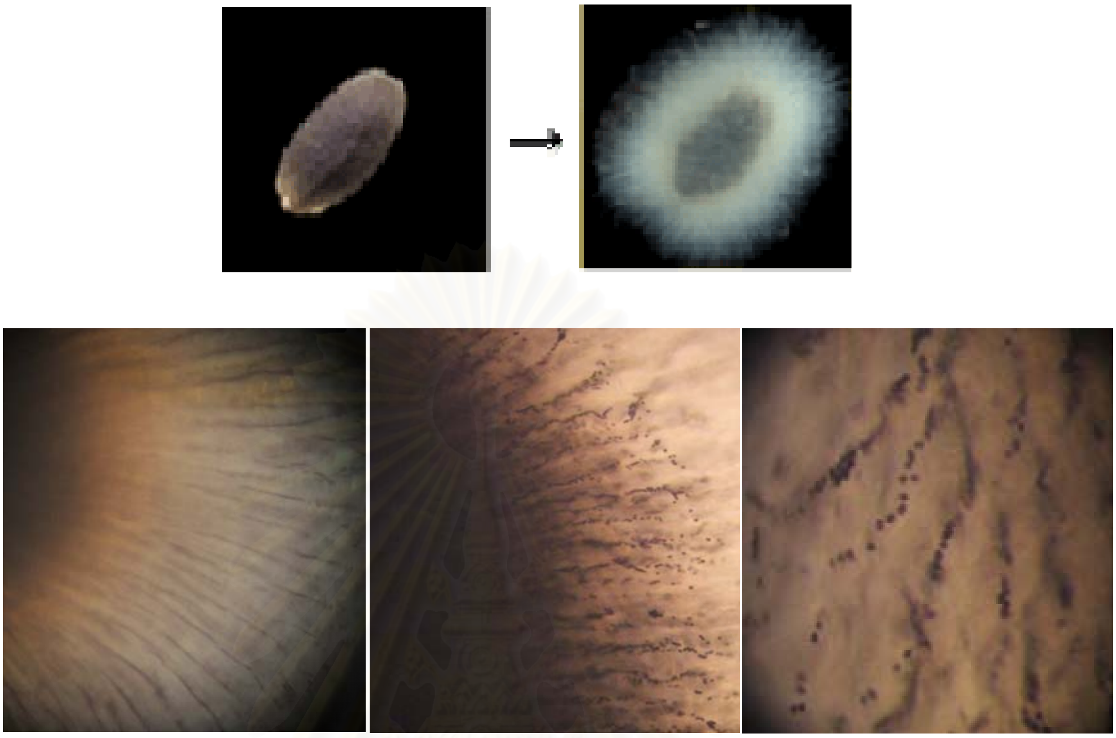
b- หมายถึง สีฟ้า

จากผลการวัดค่าสีที่แสดงในตารางที่ 3.13 สามารถอธิบายได้ ดังนี้ ค่าความสว่างของสีน้ำมันที่สกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ มีค่าความสว่างของน้ำมันมากที่สุด รองลงมา คือน้ำมันที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน และ Supercritical carbondioxide ตามลำดับ

สีน้ำมันที่สกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเธอร์มีสีน้ำมันอยู่ในช่วงเหลืองอมสีเขียวมากกว่าสีน้ำมันที่สกัดด้วยตัวทำละลายเฮกเซน และ Supercritical carbondioxide โดยสีน้ำมันที่สกัดด้วยวิธี Supercritical carbondioxide ค่อนข้างเป็นสีเหลืองอมเขียวเล็กน้อย

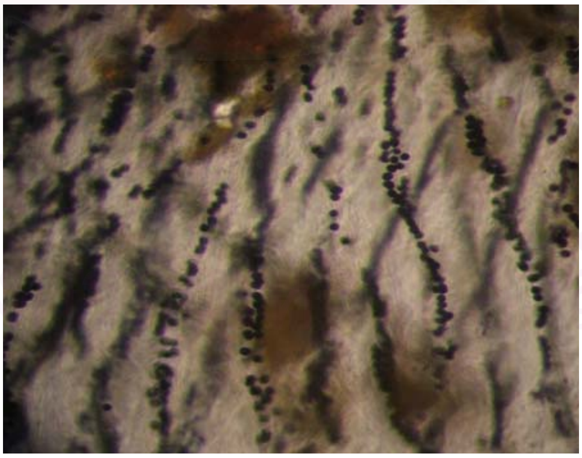
3.5 ศึกษาคุณสมบัติการพองตัว และอุ้มน้ำของกากเมล็ดแมงลักที่เหลือ

สารเมือกบนเปลือกเมล็ดแมงลัก เมื่อโดยน้ำจะมีการพองตัวออก และอุ้มน้ำไว้ในเส้นใยที่มีลักษณะคล้ายเส้นผม โดยถ้านำเมล็ดแมงลักที่พองน้ำมาย้อมด้วยไอโอดีนและส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นว่า ภายในเส้นใยมีเมล็ดแป้งขนาดเล็กที่ติดสีของไอโอดีนเรียงเป็นแถวอยู่ภายในเส้นใย ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และ 3.5



4x 10x 40x

รูปที่ 3.4 ลักษณะการพองตัวของเมล็ดแมงลัก และเส้นใยที่ผ่านการย้อมสีด้วยไอโอดีน ดูผ่านกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 4, 10 และ 40 เท่า



40x

รูปที่ 3.5 ลักษณะเส้นใยของกากเมล็ดแมงลักหลังสกัดน้ำมันที่ผ่านการย้อมสีด้วยไอโอดีน ดูผ่านกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40 เท่า

และจากการทดลองนำกากเมล็ดแมงลักหลังการสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ มาเปรียบเทียบค่าความสามารถในการพองตัว และความสามารถในการอุ้มน้ำ ผลแสดงในตารางที่ 3.14 และ3.15 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.14 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการพองตัวของกากแมงลักหลังสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเธอร์, เฮกเซน และด้วยวิธี Supercritical carbondioxide

วิธีที่ใช้ในการสกัด	**ปริมาตรในการพองตัว (ml/g)**
ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์	90
เฮกเซน	90
Supercritical carbondioxide extraction แบบไม่คัดขนาด	90
Supercritical carbondioxide extraction แบบขนาดใหญ่กว่า 315 μm	118
Supercritical carbondioxide extraction แบบขนาด 90 - 315 μm	190
Supercritical carbondioxide extraction แบบขนาดเล็กกว่า 90 μm	16

พบว่า ความสามารถในการพองตัวของกากเมล็ดแมงลักที่สกัดด้วยตัวทำละลาย ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์, เฮกเซน และด้วยวิธี Supercritical carbondioxide แบบไม่คัดขนาด มีค่าไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 3.14) คือ มีปริมาตรในการพองตัว 90 มิลลิลิตร/กรัม สูงกว่าความสามารถในการพองตัวของเมล็ดแมงลัก (เมล็ดเต็ม) ก่อนการสกัดน้ำมันที่มีค่าเพียง 49 มิลลิลิตร/กรัม (ตารางที่ 3.2) และเมื่อนำกากเมล็ดแมงลักที่สกัดด้วยวิธี Supercritical carbondioxide ที่ผ่านการคัดขนาด มาทดสอบความสามารถในการพองตัว พบว่า กากเมล็ดแมงลักที่สกัดด้วย Supercritical carbondioxide แบบขนาด 90 - 315 μm มีความสามารถในการพองตัวมากที่สุด เท่ากับ 190 มิลลิลิตร/กรัม รองลงมา คือแบบขนาดใหญ่กว่า 315 μm มีค่าความสามารถในการพองตัวเท่ากับ 118 มิลลิลิตร/กรัม และแบบขนาดเล็กกว่า 90 μm มีค่าความสามารถในการพองตัวต่ำมาก เท่ากับ 16 มิลลิลิตร/กรัม

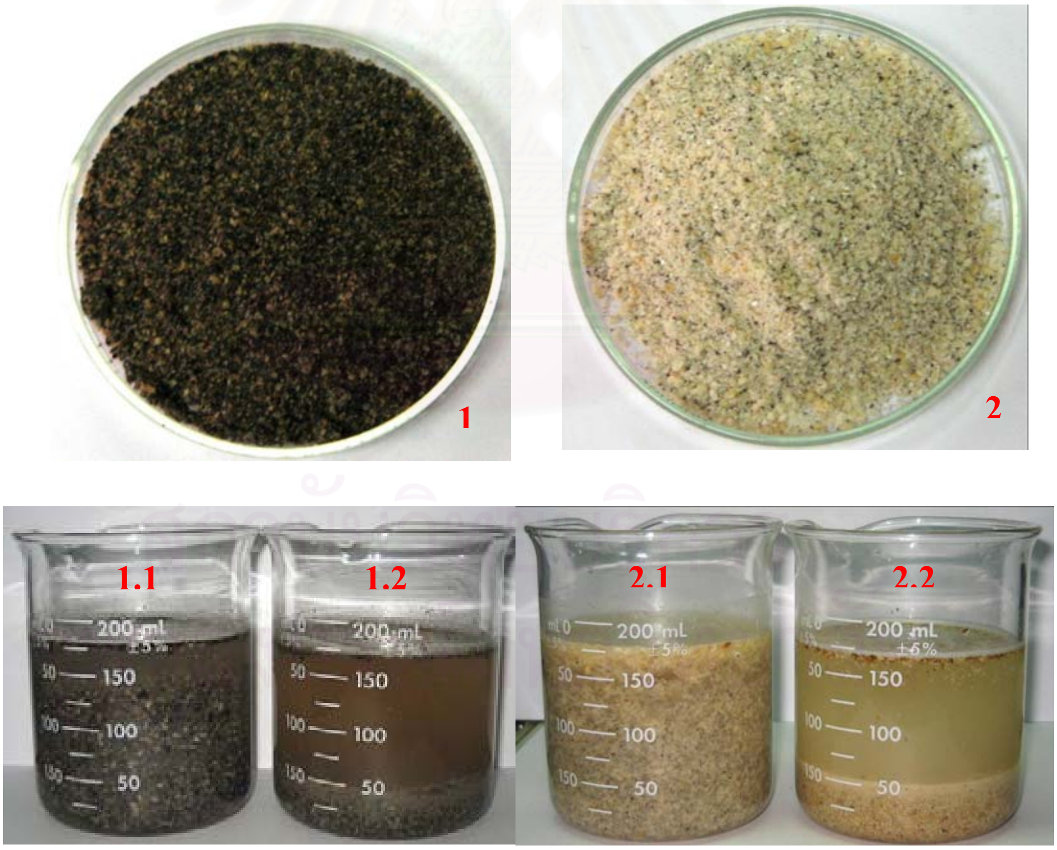
ตารางที่ 3.15 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการอุ้มน้ำของกากเมล็ดแมงลักหลังสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเธอร์, เฮกเซน และด้วยวิธี Supercritical carbondioxide

วิธีที่ใช้ในการสกัด	**ความสามารถในการอุ้มน้ำ (g/g)**
ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์	34.15
เฮกเซน	34.33
Supercritical carbondioxide extraction แบบไม่คัดขนาด	52.26
Supercritical carbondioxide extraction แบบขนาดใหญ่กว่า 315 μm	47.46
Supercritical carbondioxide extraction แบบขนาด 90 - 315 μm	87.09
Supercritical carbondioxide extraction แบบขนาดเล็กกว่า 90 μm	8.60

และเมื่อนำมาทดสอบความสามารถในการอุ้มน้ำ พบว่า กากเมล็ดแมงลักที่สกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ และเฮกเซนมีความสามารถในการอุ้มน้ำไม่แตกต่างกัน (เท่ากับ 34 กรัม/กรัมน้ำหนักแห้งของเมล็ด) และมีค่าใกล้เคียงกับค่าการอุ้มน้ำของเมล็ดแมงลัก (เมล็ดเต็ม) ก่อนสกัดน้ำมัน (ตารางที่ 3.1) แต่กากเมล็ดแมงลักที่สกัดด้วยวิธี Supercritical carbondioxide มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 52 กรัม/กรัมน้ำหนักแห้งของเมล็ด และในส่วนของกากเมล็ดแมงลักที่สกัดด้วย Supercritical carbondioxide แบบแยกขนาด เมื่อนำมาทดสอบความสามารถในการอุ้มน้ำ พบว่า แบบขนาดกลาง 90 - 315 μm มีความสามารถในการอุ้มน้ำมากที่สุด เท่ากับ 87 กรัม/กรัมน้ำหนักแห้งของเมล็ด รองลงมา คือแบบขนาดใหญ่กว่า 315 μm มีความสามารถในการอุ้มน้ำ เท่ากับ 87 กรัม/กรัมน้ำหนักแห้งของเมล็ด และแบบขนาดเล็กกว่า 90 μm มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำที่สุด เท่ากับ 8.6 กรัม/กรัมน้ำหนักแห้งของเมล็ด เนื่องจาก เส้นใยของเมล็ดแมงลักที่สามารถพองตัวและอุ้มน้ำได้นั้นส่วนใหญ่จะเป็นพวกสาร polysaccharide ซึ่งในส่วนของกากเมล็ดแมงลักหลังสกัดน้ำมันที่มีขนาดเล็กกว่า 90 μm เป็นส่วนที่ปริมาณโปรตีนสูง และปริมาณเส้นใยต่ำ (ตารางที่ 3.5) แสดงว่า กากเมล็ดแมงลักส่วนที่มีขนาดเล็กกว่า 90 μm น่าจะมาจากส่วนของเนื้อเมล็ดเป็นส่วนใหญ่

3.6 ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเส้นใยจากเมล็ดแมงลัก

จากคุณสมบัติการพองตัว และการอุ้มน้ำที่ดีของกากเมล็ดแมงลักที่เหลือจากการสกัดน้ำมันด้วยเครื่อง Supercritical carbondioxide จึงได้นำมาพัฒนาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเมื่อทดลองนำกากเมล็ดแมงลักมาผสม กับผลิตภัณฑ์งาดำ และงาขาวที่ขายอยู่ในท้องตลาด ในรูปแบบผงชงน้ำดื่ม พบว่า เมื่อเติมกากเมล็ดแมงลักลงไปในอัตราส่วน งา:แมงลัก เท่ากับ 5:1 แล้วนำส่วนผสมดังกล่าวมาชงน้ำอุ่น เทียบกับผลิตภัณฑ์งาดำ และงาขาวที่ไม่ผสมแมงลัก ตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาที พบว่า ในผลิตภัณฑ์ที่เสริมแมงลักลงไปทำให้เกิดการลอยตัวแบบลักษณะแขวนลอยของทั้งงาดำ และงาขาว ทำให้เครื่องดื่มที่ได้ไม่ตกตะกอนแยกชั้น ในขณะที่ผลิตภัณฑ์งาดำ และงาขาวที่ไม่เติมกากแมงลักลงไปในผลิตภัณฑ์ เมื่อชงแล้วตั้งทิ้งไว้ 2 – 3 นาที งาดำและงาขาวจะตกตะกอนแยกชั้น แสดงให้เห็นว่า กากเมล็ดแมงลักที่นำมาผสม กับผลิตภัณฑ์งาดำ และงาขาว นอกจากจะเป็นการเสริมเส้นใยแล้ว กากแมงลักยังช่วยในการลอยตัวของผลิตภัณฑ์ และยังทำให้เกิดความรู้สึกนุ่ม ไม่หยาบกระด้าง (ดังแสดงในรูปที่ 3.6)



รูปที่ 3.6 ลักษณะการพองของผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเส้นใย โดยมี งาดำบด (1) และงาขาวบด(2) ที่ขายในท้องตลาดเป็นวัตถุดิบ นำมาผสมกับกากแมงลัก (1.1 และ 2.1) ชงน้ำอุ่นตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาที เทียบกับผลิตภัณฑ์งาดำ และงาขาวที่ไม่ผสมกากแมงลัก (1.2 และ 2.2)

ทั้งนี้ เมล็ดแมงลักเป็นเมล็ดพืชในกลุ่มที่มีรายงานว่า มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสาร Aflatoxin สูง ดังนั้น การจะนำกากแมงลักที่เหลือจากการสกัดน้ำมันมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเส้นใยควรทำการวิเคราะห์ปริมาณสาร Aflatoxin ก่อน ตามข้อกำหนดมาตรฐานอาหารกำหนดให้มีปริมาณสาร Aflatoxin ปนเปื้อนอยู่ในอาหารได้ไม่เกิน 20 ppb และเมล็ดพืชทั่วๆ ไปในประเทศไทยมักตรวจพบว่า มีสาร Aflatoxin เช่น เมล็ดถั่ว งา รวมทั้งเมล็ดแมงลักด้วย จึงได้ทำการส่งตัวอย่างวัตถุดิบที่ใช้ และกากแมงลักหลังสกัดน้ำมันแล้วไปวิเคราะห์ปริมาณสาร Aflatoxin ที่บริษัท ไทย-นีโอ ไบโอเทค จำกัด (ผลแสดงในตารางที่ 3.16)

ตารางที่ 3.16 ปริมาณสาร Aflatoxin ในเมล็ดแมงลัก และกากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดด้วยเครื่อง Supercritical carbondioxide

ตัวอย่าง	**ปริมาณสาร Aflatoxin (ppb)**
เมล็ดแมงลักก่อนสกัดน้ำมัน (วัตถุดิบ)	69.2
Supercritical carbondioxide extraction แบบไม่คัดขนาด	64.3
Supercritical carbondioxide extraction แบบขนาดใหญ่กว่า 315 μm	50.3
Supercritical carbondioxide extraction แบบขนาด 90 - 315 μm	41.1
Supercritical carbondioxide extraction แบบขนาดเล็กกว่า 90 μm	79.2

พบว่า เมล็ดแมงลักจากตลาดเก่าเยาวราชที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการศึกษาครั้งนี้ มีการปนเปื้อนของสาร Aflatoxin อยู่สูงเกินกว่าข้อกำหนดมาตราฐานอาหารที่ให้มีปริมาณปนเปื้อนอยู่ได้ไม่เกิน 20 ppb และเมื่อนำวัตถุดิบนี้มาสกัดน้ำมันด้วยวิธี Supercritical carbondioxide กากที่เหลือก็ยังคงมีสาร Aflatoxin ปนเปื้อนอยู่ในปริมาณสูง โดยกากเมล็ดแมงลักแบบขนาดเล็กกว่า 90 μm เป็นส่วนที่มีสาร Aflatoxin ปนเปื้อนสูงสุดถึง 79 ppb ทั้งนี้ จากการติดต่อสอบถามที่ศูนย์บริการวิชาการด้านพืชและปัจจัยการผลิตสุโขทัย ต.คลองตาล อ.สำโรง จ.สุโขทัย ได้ทราบว่า “เมื่อแมงลักมีอายุ 4 เดือน ช่อดอกจะเปลี่ยนเป็นสีดำ เกษตรกรจะทำการเก็บเกี่ยวแมงลัก แล้ววางตากไว้ในแปลง 4 – 5 วัน จากนั้นมัดเป็นฟ่อนนำมาวางบนผ้าใบที่ปูทับด้วยผ้าฝ้ายอีกชั้น พรมน้ำที่ช่อดอกแมงลักให้ชื้นทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้กระเปาะที่หุ้มเมล็ดไว้เปิดออก แล้วนำมาเคาะเอาเมล็ดออก หรือนำเข้าเครื่องนวด เมล็ดที่ได้

จะถูกนำมาเป่าทำความสะอาดเอาสิ่งเจือปนออก หลังจากนั้นนำมาตากแดดเพื่อให้แห้งอย่างน้อยหนึ่งแดด เกษตรกรจะเช็คความชื้นโดยใช้มือจับเมล็ดแล้วปล่อย ถ้าไม่ติดมือแสดงว่า ใช้ได้ และจะจำหน่ายทันที ที่มีพ่อค้าคนกลางมารับซื้อ” การตากแมงลักในแปลงบนพื้นดิน และการใช้น้ำพรมเพื่อให้ฝักเปิดก่อนนำเมล็ดออกจากฝักนั้น เป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อราที่สามารถสร้างสาร Aflatoxin สูงมาก ดังนั้น ทางคณะผู้วิจัยได้ร่วมมือกับคณะผู้วิจัยของสถาบันวิจัยสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำการปลูก และเก็บฝักของเมล็ดแมงลัก มาทำการทดลองหาวิธีกะเทาะเมล็ดออกจากฝักโดยไม่ใช้น้ำ เพื่อลดโอกาสการปนเปื้อน และการเจริญของเชื้อรา (ขณะนี้ยังอยู่ระหว่างการพัฒนาอุปกรณ์ และกระบวนการ) แล้วนำเมล็ดแมงลักที่ได้จากการกะเทาะในห้องปฏิบัติการนี้ส่งไปวิเคราะห์ปริมาณสาร Aflatoxin (ผลแสดงในตารางที่ 3.17) พบว่า เมล็ดแมงลักที่เรากะเทาะเมล็ดแบบแห้งนี้ ตรวจไม่พบสาร Aflatoxin

ตารางที่ 3.17 ปริมาณสาร Aflatoxin ในเมล็ดแมงลักจากตลาดเก่าเยาวราช และในเมล็ดแมงลักที่ผ่านการกะเทาะเมล็ดแบบแห้ง

ตัวอย่าง	**ปริมาณสาร Aflatoxin (ppb)**
เมล็ดแมงลักจากตลาดเก่าเยาวราช (วัตถุดิบ)	69.2
เมล็ดแมงลักกะเทาะเมล็ดแบบแห้ง	0.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

ความร้อนมีผลต่อความสามารถในการพองตัวและอุ้มน้ำของเมล็ดแมงลัก ถ้าให้ความร้อนสูงเกินกว่า 80 – 100^{o}C นานเกิน 1 ชม. จะทำให้ความสามารถในการพองตัวและอุ้มน้ำของเมล็ดแมงลักลดลง และการใช้วิธีทางกายภาพในการสกัดน้ำมัน คือให้ความร้อนกับเมล็ดและนำเมล็ดมาบีบด้วยเครื่องไฮโดรลิกไม่สามารถบีบน้ำมันออกจากเมล็ดแมงลักได้ ต้องใช้วิธีทางกายภาพร่วมกับการใช้ตัวทำละลายโดยการบุบเมล็ดให้แตกแบบหยาบๆ และใช้ตัวทำละลาย ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ และเฮกเซน ในการสกัดแบบ Soxhlet extraction ที่อุณหภูมิ 65 และ 85^{o}C (ตามลำดับ) เป็นเวลา 10 - 12 ชม. เทียบกับการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวเป็นตัวทำละลาย เพื่อสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดแมงลักที่ผ่านการบดหยาบด้วยเครื่อง Attrition mill โดยใช้วิธีการสกัดแบบ Supercritical carbondioxide extraction คือใช้อุณหภูมิต่ำ ความดันสูงในการสกัด พบว่า การสกัดแบบ Soxhlet extraction ด้วยตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ และเฮกเซน ให้ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ 15.89% และ 16.83% (w/w) (ตามลำดับ) ใกล้เคียงกัน แต่วิธีการสกัดแบบ Supercritical carbondioxide extraction อุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัดเป็นอุปกรณ์ขนาดใหญ่ ระดับโรงงานอุตสาหกรรมทำการสกัดครั้งละ 9 – 10 กิโลกรัม ทำให้มีการสูญเสียติดตามท่อ ข้อต่อ อุปกรณ์ต่างๆ มากกว่าการสกัดในห้องปฏิบัติการแบบ Soxhlet extraction ทำให้ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยวิธี Supercritical carbondioxide นี้มีค่าต่ำ คือ 13.89% ในขณะที่เมื่อนำกากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันทั้ง 3 วิธี มาวิเคราะห์ คุณค่าทางอาหาร และปริมาณน้ำมันที่เหลือ พบว่า ปริมาณน้ำมันที่เหลือในกากแมงลักที่สกัดด้วยปิโตรเลี่ยมอีเธอร์, เฮกเซน และ Supercritical carbondioxide มีปริมาณน้ำมันที่เหลือใกล้เคียงกัน คือ 0.84%, 1.32% และ 1.18% ตามลำดับ และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต เส้นใย และโปรตีนสูงขึ้นเมื่อเทียบกับเมล็ดแมงลักก่อนสกัดน้ำมัน และมีความสามารถในการพองตัว และอุ้มน้ำสูงขึ้น คือ กากหลังสกัดน้ำมันทั้ง 3 วิธี มีความสามารถในการพองตัวสูงขึ้นเท่ากันเป็น 90 มิลลิลิตร/กรัม ในขณะที่ความสามารถในการพองตัวของเมล็ดแมงลักก่อนการสกัดน้ำมันเป็น 49 มิลลิลิตร/กรัม และความสามารถในการอุ้มน้ำของกากแมงลักที่ได้จากการสกัดด้วยปิโตรเลี่ยมอีเธอร์, เฮกเซน และSupercritical carbondioxide เป็น 34.15, 34.33 และ 52.26 กรัม/กรัมน้ำหนักแห้งของเมล็ด ตามลำดับ เมื่อเทียบกับของเมล็ดแมงลักก่อนการสกัดน้ำมันเป็น 32.22 กรัม/กรัมน้ำหนักแห้งของเมล็ด และยังพบว่า เมื่อนำกากแมงลักที่ผ่านการสกัดน้ำมันด้วยเครื่อง Supercritical carbondioxide แล้วมาทำการคัดขนาด สามารถคัดแยกส่วนที่มีเส้นใยสูง (38%) โปรตีนต่ำ (6.77 – 9.57%) คือ กากแมงลักขนาดกลาง 90 – 315 μm และกากแมงลักขนาดใหญ่กว่า 315 μm ออกจากกากแมงลักส่วนที่มีโปรตีนสูง (57.60%) เส้นใยต่ำ (7.42%)

คือ กากแมงลักขนาดเล็กกว่า 90 μm ได้ โดยกากแมงลักขนาดกลาง 90 – 315 μm และขนาดใหญ่กว่า 315 μm มีความสามารถในการพองตัว (190 และ 118 มิลลิลิตร/กรัม, ตามลำดับ) และความสามารถในการอุ้มน้ำ (87 และ 47 กรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง, ตามลำดับ) สูงขึ้นมากเมื่อเทียบกับกากแมงลักแบบไม่คัดขนาด

น้ำมันที่ได้จากวิธีสกัดด้วยปิโตรเลี่ยมอีเธอร์, เฮกเซน และ Supercritical carbondioxide นั้น มีค่าความถ่วงจำเพาะที่ใกล้เคียงกัน คือ 0.92, 0.90 และ 0.91 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ มีค่า Insoluble impurities อยู่ร้อยละ 0.12, 0.07 และ 0.09 ตามลำดับ มีค่า Refractive Index อยู่ในช่วง 1.4720, 1.4760 และ 1.4795 ตามลำดับ สีของน้ำมันที่สกัดด้วยปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ และเฮกเซน เมื่อดูด้วยตาเปล่าเห็นเป็นสีเหลืองอ่อน ในขณะที่ น้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยวิธี Supercritical carbondioxide จะออกเป็นสีเขียวทึบแสงกว่าน้ำมันที่สกัดด้วยปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ และเฮกเซน เมื่อนำส่งวิเคราะห์สีด้วยวิธี Colorimeter ก็ให้ผลคล้ายกัน คือ น้ำมันที่สกัดด้วยปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ จะมีค่าความสว่างสูงสุด รองลงมา คือ น้ำมันที่สกัดด้วยเฮกเซน และ Supercritical carbondioxide และจัดอยู่ในช่วงสีเหลืองอมเขียว ทั้งนี้ พบว่า การสกัดด้วยวิธี Supercritical carbondioxide มีข้อดีตรงที่เป็นระบบปิด อุณหภูมิในการสกัดต่ำ (60^{O} C) ทำให้ในช่วงเวลาการสกัดน้ำมันจะไม่สัมผัสกับอากาศ น้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีนี้จึงคงรักษากรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดหลายตำแหน่ง คือ กรดลิโนลินิค (C18:3) และกรดลิโนลิอิก (C18:2) ไว้ได้สูงกว่าการสกัดแบบ Soxhlet extraction และมีปริมาณความชื้นและสารระเหยในน้ำมันต่ำ (0.15%) เมื่อเทียบกับน้ำมันที่สกัดด้วยปิโตรเลี่ยมอีเธอร์และเฮกเซน พบว่า มีความชื้นและสารระเหยในน้ำมันเท่ากับ 0.94% และ 7.94% ตามลำดับ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะในการสกัดน้ำมันด้วยเฮกเซนต้องใช้อุณหภูมิสูงถึง 85^{O}C และในการทดลองนี้เราใช้อ่างน้ำร้อนเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิ ไม่ได้ใช้ Metal Heater ดังนั้น ไอน้ำจะมีอยู่ในบริเวณนั้นมาก และเกิดการควบแน่นลงไปในหอกลั่นของชุด Soxhlet ได้ และน้ำมันที่สกัดด้วยวิธี Supercritical carbondioxide ยังมีค่าการปนอยู่ของกรดไขมันอิสระในน้ำมัน (AV 10.61 mg. KOH/g. oil) ต่ำกว่าน้ำมันที่สกัดด้วยปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ และเฮกเซน (AV 24.42 และ 23.45 mg.KOH/g. oil, ตามลำดับ)

เมื่อนำกากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันด้วยเครื่อง Supercritical carbondioxide มาผสมกับผลิตภัณฑ์งาดำบด/งาขาวบด ที่มีขายในท้องตลาด พบว่า นอกจากการผสมแมงลักเข้าไปในผลิตภัณฑ์จะช่วยเป็นการเสริมเส้นใยอาหารแล้ว ลักษณะสมบัติการพองตัว อุ้มน้ำของแมงลักนี้ยังช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์งาดำ/งาขาว มีการแขวนลอยในน้ำได้ดีขึ้น เพิ่มความนุ่มนวลของเนื้อสัมผัส และไม่ทำให้กลิ่นของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลง

เอกสารอ้างอิง

1. จารุกร สุวรรณเมือง. 2542. **การสกัดสารเมือกจากเมล็ดแมงลักโดยการโม่แห้ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

2. ชูศักดิ์ วรวิทย์อุดมสุข. 2525. **ยาระบายเมล็ดแมงลัก**. โครงการพิเศษหลักสูตรเภสัชศาสตร์บัณฑิต คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

3. ป่วน เจริญพานิช. 2518. **เมล็ดแมงลัก**. วารสารเภสัชกรรมสมาคมแห่งประเทศไทย 29(2): 1-9.

4. ปลื้มจิตต์ โรจนพันธุ์, สุทิน ศิริไพรวัน, ณรงค์ ยุคันตพรพงษ์, นงนิตย์ ธีระวัฒนสุข และศิริรัตน์ ทองเทพ. 2526. **เมล็ดแมงลัก 1: การแยกสารเมือก**. วารสารเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล 10(1): 19-24.

5. มณฑนา ธีรจันทรานนท์. 2539. **ผลทางคลีนิกของโภชนบำบัดร่วมกับเมล็ดแมงลักในผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลินที่ศูนย์บริการสาธารณะสุขคลองขวาง**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาอาหารเคมี, คณะเภสัชศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

6. วิไล คุณูปการ. 2527. **การสกัดน้ำมันเมล็ดยางพาราด้วยตัวทำละลายในถังกวน**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาเคมีเทคนิค, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

7. วีระวัฒน์ แซ่จู. 2544. **การสร้างแบบจำลองและการออปติไมซ์หน่วยสกัดและหน่วยนำสารมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

8. ศศิธร เรืองจักรเพ็ชร และปราณี อ่านเปรื่อง. 2545. **ลักษณะเฉพาะทางกายภาพของผงเมือกเมล็ดแมงลัก**. อาหาร 32 (3): 223-232.

9. สายชล สินสมบูรณ์ทอง. 2546. **สถิติกับการวางแผนการทดลองทางการเกษตร.** พิมพ์ครั้งที่ 3 ฉบับปรับปรุง, กรุงเทพฯ : โครงการตำรา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

10. สุมิตรา คงชื่นสิน. 2532. **แมงลัก : พืชที่ปลูกง่ายรายได้พอควร**. กสิกร 63(3): 255-258.

11. หนู สมจรรยากุล. 2531. **การคัดแยกประเภทอนุภาคของผงแมงลักบดด้วยเทคนิกฟลูอิไดซ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

12. อวย เกตุสิงห์ และอุไร อรุณลักษณ์. 2493. **การศึกษาอาหาร 2. เมล็ดแมงลักจากแง่อาหารและยา (รายงานเบื้องต้น)**. สารศิริราช 2 (12): 593-607.

13. Anthony S., Abeywickrama K., Dayananda R., Wijeratnam SW., Arambewela L. 2004. **Fungal pathogens associated with banana fruit in Sri Lanka, and their treatment with essential oils**. Mycopathologia. 157(1): 91-97.

14. A.O.A.C. 1995. **Official Methods of Analysis of AOAC International 16th ed.**, Virginia: Association of Official. Analytical Chemists International.

15. Banu MJ., Nellaiappan K., Dhandayuthapani S. 1992. **Mitochondrial malate dehydrogenase and malic enzyme of a filarial worm *Setaria digitata*: some properties and effects of drugs and herbal extracts**. Jpn J Med Sci Biol. 45(3): 137-150.

16. Chavan SR., Nikam ST. 1982. **Mosquito larvicidal activity of *Ocimum basilicum* Linn.** Indian J Med Res. 75: 220-222.

17. Djousse L., Hunt SC., Arnett DK., Province MA., Eckfeldt JH., Ellison RC. 2003. **Dietary linolenic acid is inversely associated with plasma triacylglycerol: the National Heart, Lung, and Blood Institute Family Heart Study**. Am J Clin Nutr. 78(6): 1098 -1102.

18. IUPAC. 1979. **Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives; sixth edition**. International Union of Pure and Applied Chemistry. Pergamon press. France.

19. Lukwa N. 1994. **Do traditional mosquito repellent plants work as mosquito larvicides**. Cent Afr J Med. 40(11): 306-309.

20. McGaw LJ., Jager AK., van Staden J. 2002. **Isolation of antibacterial fatty acids from *Schotia brachypetala***. Fitoterapia 73(5): 431-433.

21. Melo JS., D'Souza SF. 2004. **Removal of chromium by mucilaginous seeds of *Ocimum basilicum***. Bioresour Technol. 92(2): 151-155.

22. Opalchenova G., Obreshkova D. 2003. **Comparative studies on the activity of basil--an essential oil from *Ocimum basilicum* L.--against multidrug resistant clinical isolates of the genera *Staphylococcus*, *Enterococcus* and *Pseudomonas* by using different test methods**. 18 J Microbiol Methods. 54(1): 105-110.

23. Simon JE., Quinn J., Murray RG. 1990. **Basil: A source of essential oils. p. 484-489. In: J. Janick and JE. Simon (eds.), Advances in new crops. Timber Press, Portland, OR**. [online]. Available from: www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1990/v1-484.htlm# Table%201 [2004, Nov 17].

24. Simopoulos AP. 2002. The **importance of the ratio of omega-6/omega-3 esssentialfatty acids**. Biomed Pharmacother. 56: 365-379.

25. Vecchini A., Ceccarelli V., Susta F., Caligiana P., Orvietani P., Binaglia L., Nocentini G., Riccardi C., Calviello G., Paolozza P., Maggiano N., Di Nardo P. 2003. **Dietary alpha - linolenic acid reduces COX-2 expression and induces apoptosis of hepatoma cells**. J Lipid Res. Oct 16 [Epub ahead of print].

26. Viseshakul D., Premvatana P., Chularojmontri V., Kewsiri D., Tinnarat P. 1985. **Improved glucose tolerance induced by long term dietary supplementation with hairy basal seeds (*Ocimum canum* sim) in diabetics**. J Med Assoc Thai. 68(8): 408-411.

27. Worawitudomsak C., Kittikhun P., Sajjinanon S. 1982. **Maenglak seeds as a bulk laxative**. Special project for the degree of B.Sc. (Pharm), Faculty of Pharmacy, Mahidol University, Thailand.

28. Zampelas A., Paschos G., Rallidis L., Yiannakouris N. 2003. **Linoleic acid to alpha-linolenic acid ratio. From clinical trials to inflammatory markers of coronary artery disease**. World Rev Nutr Diet. 92: 92-108.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

1. การทดสอบความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity: WHC) (จารุกร, 2542)

ชั่งเมล็ดแมงลักประมาณ 0.1 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มล. เติมน้ำกลั่น 50 มล. แช่เมล็ดแมงลักทิ้งไว้นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก (กระดาษกรองที่อุ้มน้ำแล้วโดยผ่านการ suction แล้วชั่งน้ำหนัก) ชั่งน้ำหนักเมล็ดแมงลักที่อุ้มน้ำบนกระดาษกรอง จะได้น้ำหนักอุ้มน้ำของเมล็ดที่ค้างบนกระดาษกรอง แล้วนำมาคำนวณหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ

<u>วิธีคำนวณ</u>

$$\text{ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC) (g/g)} = \frac{\text{น้ำหนักอุ้มน้ำของเมล็ด}}{\text{น้ำหนักแห้งของเมล็ด}}$$

2. ปริมาตรการพองตัวจำเพาะ (Specific swelling volume) (จารุกร, 2542)

บรรจุเมล็ดแมงลักประมาณ 0.5 กรัม ใส่ในกระบอกตวง ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 80 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้เมล็ดกระจายตัวดี จากนั้นเติมน้ำกลั่นจนปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร (แล้วปิดปากกระบอกตวงด้วยแผ่นฟลอยด์) ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วอ่านปริมาตรการพองตัวของเมล็ดแมงลักเป็นมิลลิลิตร ทำการจดบันทึกแล้วนำมาคำนวณหาค่าความสามารถในการพองตัว

<u>วิธีคำนวณ</u>

$$\text{ปริมาตรการพองตัวจำเพาะ (ml/g)} = \frac{\text{ปริมาตรที่เมล็ดพองตัว}}{\text{น้ำหนักแห้งของเมล็ด}}$$

3. การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางอาหารตามวิธี AOAC 1995

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (% Ash)

นำ Crucible ไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550$\pm$5°C แล้วนำไปใส่ Desiccator วางทิ้งไว้ให้เย็น นำไปชั่ง และจดบันทึกน้ำหนัก จากนั้น ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ใน Crucible นำไปเผาบน Hot plate ทำในตู้ดูดควัน (Hood) เผาจนควันหมด แล้วจึงนำเข้าเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550$\pm$5°C เป็นเวลา 3–4 ชั่วโมง นำมาใส่ Desiccator วางทิ้งไว้ให้เย็น นำไปชั่งน้ำหนักและนำกลับมาเผาต่อประมาณ ½ ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นชั่งน้ำหนัก ทำเช่นนี้จนน้ำหนักคงที่ จดบันทึกน้ำหนักที่ได้

วิธีการคำนวณ

$$\% \text{ Ash} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (% Fat)

ชั่งตัวอย่างที่แห้ง 2 – 3 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ในกระดาษกรอง แล้วนำไปใส่ใน Thimble ใน Extraction tube ของ Soxhlet apparatus ใส่ 250 มล. ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ลงในขวดก้นกลมที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำไป Reflux บน Heating mantle (โดยในการทดลองนี้ใช้อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแทน) ใช้อุณหภูมิปานกลาง โดยให้อัตราการกลั่นตัวของ Petroleum ether 2 – 3 หยด/วินาที ใช้เวลาในการ Reflux $\simeq$ 10 ชั่วโมง ระเหยเอาปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ออกจากขวดก้นกลมที่สกัดไขมัน จากนั้นนำไปอบในตู้อบที่ $100 \pm 5^{\circ}$C แล้วนำไปใส่ Desiccator วางทิ้งไว้ให้เย็น นำไปชั่งจนน้ำหนักคงที่ จดบันทึกน้ำหนัก

วิธีการคำนวณ

$$\% \text{ Fat} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำมันที่สกัดได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

3.3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (% Protein)

ชั่งตัวอย่างแห้ง 0.5 - 2 กรัม ใส่ใน Kjeldahl flask เติม Catalyst 7 กรัม (95 กรัม K_2SO_4: 5 กรัม $CuSO_4.5H_2O$) เติม 15 มล. กรดซัลฟูริกเข้มข้น นำไปย่อยบนเตาไฟจนได้ของเหลวสีเขียวใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติม 50 มล.ของ DI water (deionized water) และเติม 40% NaOH ลงใน Kjeldahl flask จากนั้น นำ Erlenmeyer flask ขนาด 250 มล. ซึ่งบรรจุ 100 มล.ของ 4% Boric acid และหยด 2 – 3 หยดของ Mixed indicator ต่อเข้ากับชุดกลั่น โดยให้ปลายล่างของ Condenser อยู่ใต้ระดับของเหลวใน Erlenmeyer flask กลั่นจนได้ของเหลวรวมทั้งสิ้นประมาณ 200 มล. นำ Erlenmeyer flask ออก ล้างปลาย Condenser ด้วย DI water แล้วนำสารละลายที่กลั่นได้ใน Erlenmeyer flask มาทำการไตเตรต กับ HCl ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

วิธีการคำนวณ

$$\text{N (กรัม)} = (\text{Vol. HCl}_{\text{titrate}} - \text{Vol. HCl}_{\text{blank}}) \times \text{N}_{\text{HCl}} \times 0.014007$$

$$\% \text{ N} = \frac{\text{N (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

$$\% \text{ Protein} = \% \text{ N} \times \text{factor}$$

3.4 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบ (% Fiber)

ชั่งตัวอย่างแห้งที่สกัดไขมันออกแล้ว (ยกเว้น กรณีที่ไขมันน้อยกว่า 1% ไม่ต้องสกัดไขมัน) ปริมาณ 2 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 500 มล. เติม 50 มล.ของ 5% H_2SO_4 และ 200 มล. ของ DI Water นำไปต้มให้เดือดนาน 30 นาที บน Hot plate (ขณะต้มให้หมุน Erlenmeyer flask เป็นครั้งคราวเพื่อไม่ให้มีส่วนแข็งติด) นำมากรองผ่านกระดาษกรอง ล้าง Erlenmeyer flask ด้วยน้ำร้อนปริมาตร 50 – 70 มล. แล้วเทลงผ่านกระดาษกรอง ใช้น้ำร้อนปริมาตร 50 มล. ล้างซ้ำอีก 2 – 3 ครั้ง นำกากที่ได้มาย่อยต่อด้วย 5% NaOH ปริมาตร 50 มล. และเติม DI Water ปริมาตร 200 มล. ลงไปต้มให้เดือดนาน 30 นาที บน Hot plate (ขณะต้มให้หมุน Erlenmeyer flask เป็นครั้งคราวเพื่อไม่ให้มีส่วนแข็งติด) นำมากรองผ่านกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักแน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ล้าง Erlenmeyer flask ด้วยน้ำร้อน 50 – 70 มล. แล้วเทลงผ่านกระดาษกรอง ใช้น้ำร้อน 50 มล. ล้างซ้ำอีก 2 – 3 ครั้ง ล้างต่อด้วย 1.25% H_2SO_4 ปริมาตร 25 มล. ตามด้วยน้ำร้อนปริมาตร 50 มล. และแอลกอฮอล์ปริมาตร 25 มล. ตามลำดับ นำกระดาษกรองพร้อมกากเส้นใยใส่ใน Crucible ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) นำไปอบในตู้อบที่ $100\pm5^{\circ}$C ข้ามคืน แล้วนำมาใส่ใน Desiccator วางทิ้งไว้ให้เย็น นำไปชั่งน้ำหนัก และอบต่อจนน้ำหนักคงที่ จดบันทึกน้ำหนัก แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ $600\pm5^{\circ}$C เป็นเวลานาน 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน Desiccator ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง และนำไปเผาจนน้ำหนักคงที่ จดบันทึกน้ำหนัก

<u>วิธีการคำนวณ</u>

$$\%\ \text{Fiber} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่หายไปหลังเผา (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

3.5 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (% Carbohydrate)

<u>วิธีการคำนวณ</u>

% Carbohydrate = 100 – %Protein – %Fat – %Fiber - %Ash

4. การวิเคราะห์ Moisture and Volatile Matter ของน้ำมันตามวิธีของ IUPAC 1979

นำตัวอย่าง (น้ำมันหรือไขมัน) ที่เตรียมไว้ มาชั่งน้ำหนักประมาณ 20 กรัม ใส่ลงใน dish ที่ผ่านการอบแห้งแล้วจดบันทึกน้ำหนักคงที่ แล้วนำ dish ไปวางบนกระบะทรายในตู้อบ โดยให้ความร้อนกับกระบะทรายจนถึง 90°C ค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิขึ้นอย่างช้าๆ จนถึง 103°C ควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง $103\pm2^{\circ}$C ระวังไม่ให้อุณหภูมิเกิน 105°C สังเกตน้ำมันใน dish จะมีฟองอากาศเล็กๆ ลอย

ขึ้นมาจากด้านล่าง รอจนกระทั่งฟองหมด ทำให้เย็นใน Desiccator แล้วชั่งน้ำหนักที่ได้ให้คงที่ โดยให้ค่าความคลาดไม่เกิน 0.002 กรัม

วิธีการคำนวณ

$$\text{Moisture and Volatile Matter} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำมัน} - \text{น้ำหนักหลังอบของน้ำมัน(กรัม)}}{\text{น้ำหนักของน้ำมัน (กรัม)}} \times 100$$

5. การวิเคราะห์ค่า Insoluble Impurities ของน้ำมันตามวิธีของ IUPAC 1979

นำตัวอย่าง (น้ำมันหรือไขมัน) ที่ผ่านการระเหยเอาน้ำออกจนหมด มาชั่งน้ำหนักประมาณ 20 กรัม ใส่ลงใน conical flask เติมสารละลายเฮกเซนปริมาตร 200 มิลลิลิตร แล้วเขย่า ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 20°C นาน 30 นาที นำกระดาษกรองที่ผ่านการอบแห้ง และชั่งน้ำหนักจนคงที่แล้วมาล้างด้วยสารละลายเฮกเซน ปริมาณเล็กน้อยเพื่อชะเอาไขมันที่ติดอยู่กับกระดาษกรองออก แล้วกรองตัวอย่างน้ำมัน แล้วนำกระดาษกรองใส่ลงใน weight bottle เติมสารละลายลงไปเล็กน้อย แล้วนำไปประเหยในตู้ดูดควัน แล้วนำไปอบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 103°C นำกระดาษกรองที่ได้จากการอบแห้งออกจากตู้อบ ปิดฝา weight bottle ด้วย stopper ทำให้เย็นใน Desiccator แล้วชั่งน้ำหนักที่ได้ให้คงที่ โดยให้ค่าความคลาดไม่เกิน 0.002 กรัม

วิธีการคำนวณ

$$\text{Insoluble Impurities content} = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$$

หมายเหตุ m คือ น้ำหนักเริ่มต้นของน้ำมัน (กรัม)

m_1 คือ น้ำหนักกระดาษกรอง และ weight bottle (กรัม)

m_2 คือ น้ำหนักกระดาษกรอง และ weight bottle หลังอบ (กรัม)

6. การวิเคราะห์ค่า Acid value ของน้ำมันตามวิธีของ IUPAC 1979

นำตัวอย่างน้ำมันมาชั่งน้ำหนักประมาณ 2.5 กรัม ใส่ในขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มล. เติมสารละลายผสม (95% เอธานอล กับ ไดเอธิบอีเทอร์ในอัตราส่วน 1:1 v/v) ปริมาตร 150 มล. เขย่าให้เข้ากัน เติมสารละลายฟีนอลฟธาลีน ลงไป 3 - 5 หยด ทำการไตเตรตด้วยสารละลาย 0.1 N NaOH จนได้จุดยุติ (เห็นสีชมพูอยู่นานอย่างน้อย 1 นาที) นำค่าที่ไตเตรตได้มาคำนวณค่า Acid value (AV)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการคำนวณ

$$\text{Acid value (AV)} = \frac{56.1\text{x } T \text{ x } V}{m}$$

หมายเหตุ m คือ น้ำหนักของน้ำมัน (กรัม)

T คือ normality ของ NaOH (นอร์มอล)

V คือ ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ไตเตรต (มล.)

7. การวิเคราะห์ค่า Peroxide value ของน้ำมันตามวิธีของ IUPAC 1979

นำตัวอย่างน้ำมันมาชั่งน้ำหนักประมาณ 2 กรัม ใส่ในขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มล. เติมโคลโรฟอร์ม ปริมาตร 10 มล., กรดอะซิติก ปริมาตร 15 มล. และสารละลายอิ่มตัวของโปตัสเซี่ยมไอโอไดด์ ปริมาตร 1 มล. เขย่าให้เข้ากันนาน 1 นาที ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 15 – 25°C โดยปราศจากแสงเป็นเวลา 5 นาที เติมน้ำ DI ปริมาตร 75 มล. แล้วนำมาทำการไตเตรตกับ 0.01 N หรือ 0.002 N โซเดี่ยมไธโอซัลเฟท จนได้สีชาอ่อน แล้วเติมสารละลายแป้ง (indicator) ปริมาตร 2 มล. จะได้สารละลายสีน้ำเงิน นำไปไตเตรต ต่อจนกระทั่งสีน้ำเงินจางหายไปเป็นไม่มีสี นำค่าที่ไตเตรตได้มาคำนวณค่า peroxide value (PV)

วิธีการคำนวณ

$$\text{Peroxide value (PV)} = \frac{V \text{ x } T}{m} \; 1000$$

หมายเหตุ m คือ น้ำหนักของน้ำมัน (กรัม)

T คือ normality ของโซเดี่ยมไธโอซัลเฟท (นอร์มอล)

V คือ ปริมาตรของโซเดี่ยมไธโอซัลเฟทที่ใช้ไตเตรต (มล.)

ภาคผนวก ข

แผนการทดลองที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นแบบสุ่มตลอด (Completely randomized desing, CDR) ซึ่งเป็นแผนการทดลองที่หน่วยทดลองมีความสม่ำเสมอ และหน่วยทดลองมีโอกาสได้รับทรีทเมนต์ใดทรีทเมนต์หนึ่งเท่ากัน แผนการทดลองนี้นิยมใช้ทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยนำผลของปริมาณน้ำมันที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ทรีทเมนต์ คือ สกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเธอร์ และเฮกเซน มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ดังนี้

Source of variation	**df**	**SS**	**MS**	**F**
Between Treatment Error	t – 1 $\sum_{i=1}^{t} r_i$ - t	SSTr = $\sum_{i=1}^{t} \frac{X_i}{r_i}^2$ - C.F. SSE = $\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{r_i} X_{ij}^2 - \sum_{i=1}^{t} \frac{X_i}{r_i}^2$	MSTr = $\frac{SSTr}{t-1}$ MSE = $\frac{SSE}{\sum_{i=1}^{t} r_i - t}$	$\frac{MSTr}{MSE}$
Total	$\sum_{i=1}^{t} r_i$ - 1	SST = SSTr + SSE		

โดยที่ C.F. = $\frac{X^2}{\sum_{i=1}^{t} r_i}$ เรียกว่า ค่าปรับแก้ (Correction factor, C.F.) (สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2546)

<u>ตารางที่ ข.1</u> แสดงข้อมูลค่าปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ด้วยตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเธอร์และเฮกเซน

ซ้ำ	**ทรีทเมนต์**		
	ปิโตรเลี่ยมอีเธอร์	**เฮกเซน**	
1	15.72	16.88	
2	15.80	16.77	
3	16.09	-	
ผลรวม ($\sum_{j=1}^{r_i} X_{ij}$)	47.61	33.65	$\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{r_i} X_{ij}$ = 81.26
ค่าเฉลี่ย ($\frac{X_i}{r_i}$)	15.87	16.825	$\frac{X}{\sum_{i=1}^{t} r_i}$ = 16.252
จำนวนซ้ำ (r_i)	3	2	$\sum_{i=1}^{t} r_i$ = 5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2 การวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ด้วยตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเธอร์และเฮกเซน

Source of variation	df	SS	MS	F
Between Treatment	1	1.09443	1.09443	40.11350**
Error	3	0.08185	0.02728	
Total	4	1.17628		

** หมายถึง มีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$F_{0.05;1,3}$ = 10.13

$F_{0.01;1,3}$ = 34.12

เนื่องจาก $F_{cal} > F_{0.01;1,3}$ = 40.11350 > 34.12 แสดงว่า ค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ส่วนการสกัดน้ำมันเมล็ดแมงลักด้วยเครื่อง Supercritical carbondioxide จัดเป็นการทดลองเบื้องต้น (Preliminary Experiment) โดยที่แต่ละทรีทเมนต์จะทำเพียงซ้ำเดียว ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นเพียงข้อชี้ให้เห็นแนวทางสำหรับการทดลองครั้งต่อ ๆ ไป ไม่ได้นำมาคำนวณทางสถิติในครั้งนี้ เนื่องจากเครื่อง Supercritical carbondioxide ที่ใช้เป็นระดับ pilot scale การสกัดแต่ละครั้งใช้ตัวอย่างประมาณ 9 – 10 กิโลกรัม หลังการสกัดและวิเคราะห์ผลปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ ก็นำมาปรับปรุงเงื่อนไขในการสกัดครั้งต่อไป ไม่ได้ทำการทดลองซ้ำในเงื่อนไขเดิม จึงไม่สามารถนำมาคำนวณทางสถิติ โดยได้ทำการทดลองสกัดน้ำมันแมงลักด้วยเครื่อง Supercritical Carbondioxide ทั้งหมด 3 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 นำตัวอย่างเมล็ดแมงลักมาทำการบดอย่างหยาบๆ ด้วยเครื่อง Attrition mill และนำตัวอย่างที่ผ่านการบดแล้ว 10 กิโลกรัม มาทำการสกัดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า สกัดน้ำมันออกมาได้น้อยมาก เท่ากับ 5.95% (w/w) เมื่อนำเมล็ดแมงลักที่ผ่านการสกัดน้ำมันครั้งนี้มาร่อนดู พบว่า ยังมีเมล็ดเต็มอยู่ค่อนข้างมาก จึงอาจเป็นเหตุให้สกัดน้ำมันออกมาได้น้อยหรืออาจต้องเพิ่มเวลาที่ใช้ในสกัดให้นานขึ้น; ครั้งที่ 2 จึงได้ทำการปรับระยะของหินบดของเครื่อง Attrition mill ให้ชิดมากขึ้น เพื่อบดเมล็ดแมงลักให้แตกละเอียดกว่าเดิม โดยต้องใช้เวลาในการบดนานขึ้น เพราะตัวอย่างที่ถูกบดจะติดหน้าแผ่นหินขัดบ้าง ทำให้ตัวอย่างไหลออกมาได้ช้า โดยใช้ตัวอย่างที่ผ่านการบดแล้ว 9 กิโลกรัม และเพิ่มเวลาที่ใช้ในการสกัดเป็นเวลา 12 ชั่วโมง พบว่า สกัดน้ำมันออกมาได้มากขึ้นเป็น 13.89 % (w/w) โดยได้นำน้ำมันและกากที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่อง Supercritical Carbondioxide ในครั้งนี้มาทำการศึกษาเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลี่ยมอีเธอร์และเฮกเซน; ครั้งที่ 3

(หลังสิ้นสุดโครงการทำการสกัดเมื่อเดือน มกราคม พ.ศ.2551) ได้ทำการพัฒนาเปลี่ยนกระบวนการบดเมล็ดแมงลักก่อนการสกัดน้ำมัน โดยเปลี่ยนจากการใช้หินบดมาเป็นลูกกลิ้งเหล็กคู่ โดยขอยืมจากบริษัทผู้ผลิตเครื่องจักรในเมืองไทยมาทดลองใช้ พบว่า สามารถใช้งานได้ดีบดเมล็ดให้แตกได้ดี และใช้เวลาในการบดเร็วขึ้น (ประมาณ 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) และนำตัวอย่างที่ผ่านการบดจำนวน 10.6 กิโลกรัม ไปทำการสกัดด้วยเครื่อง Supercritical Carbondioxide โดยผู้ควบคุมเครื่องขอทดลองแบ่งสกัดครั้งละ 5.3 กิโลกรัม โดยครั้งนี้ความดันทำได้เพียง 240 bar (ไม่ถึง 275 bar) และทำการสกัดทั้งหมด 5 วัน พบว่า สกัดน้ำมันออกมาได้ 20.35 % (w/w) ทั้งนี้ สรุปในเบื้องต้นได้ว่ากระบวนการทำให้เมล็ดแตกและเวลาที่ใช้ในการสกัดน้ำมันด้วยเครื่อง Supercritical Carbondioxide มีผลอย่างมากต่อผลผลิตปริมาณน้ำมันที่สกัดได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงรายละเอียดการใช้เงิน

โครงการวิจัยเรื่องการสกัดน้ำมันจากเมล็ดแมงลักและคุณสมบัติการพองตัวของสารเมือกจากกากที่เหลือ

(Extraction of Oil from Hairy Basil (*Ocimum spp.*) Seeds and Swelling Properties of Mucilage from Seed Residues)

รายงานฉบับสมบูรณ์

ระหว่าง วันที่ 1 ตุลาคม 2549 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2550

หมวด ค่าวัสดุ

ลำดับที่	เลขที่ใบเสร็จ/ใบสำคัญรับเงิน	ว.ด.ป.	รายการ	จำนวนเงิน	หมายเหตุ
1	ใบสำคัญรับเงิน	2 ต.ค. 49	เมล็ดแมงลัก 15 กิโลกรัม	720.00	
2	ใบสำคัญรับเงิน	6 ต.ค. 49	ส่วนผสมน้ำยาล้างจาน	119.00	
3	ใบสำคัญรับเงิน	10 ต.ค. 49	Extended tip 5 ml, 100 / Box	428.00	
4	IV4901028	10 ต.ค. 49	Yeast extract standard 1 กิโลกรัม	2,140.00	
5	บิลเงินสด	16 ต.ค. 49	ถุงซิปล็อก 12 x 18 1 กิโลกรัม	120.00	
6	ใบสำคัญรับเงิน	24 ต.ค. 49	เมล็ดแมงลัก 10 กิโลกรัม	520.00	
7	IV4911057	10 พ.ย. 49	Ethidium bromide 1 ขวด	856.00	
8	14/29	10 พ.ย. 49	ถุงซิปล็อก 7 x 10 1 กิโลกรัม	120.00	
9	IV4912040	12 ธ.ค. 49	DNA Marker 1 KB	2,354.00	
			DNA Marker 100 BP	2,354.00	
10	4575/228735	7 ก.พ. 50	Peptone 500 g 1 ขวด	2,461.00	
11	RV13431	6 มี.ค. 50	Tri Reagent 1 ขวด	5,992.00	
12	RV13432	6 มี.ค. 50	Tag DNA Polymerase 1 pack	2,140.00	
13	RV13445	6 มี.ค. 50	Oligosynthesis 0.05 umol 65 base	1,738.75	
14	1/50/0299	7 มี.ค. 50	Petroleum ether	1,070.00	
15	RV13851	5 เม.ย. 50	Lamda DNA/Hind III 1 vial	2,140.00	
			Ampicillin, Sodium salt USP gr.	1,605.00	
16	4/50 0031	25 เม.ย. 50	Agarose Type	11,984.00	
17	1298/64862	9 พ.ค. 50	Flat cap PCR tube 1 pack	1,337.50	
18	643/32107	11 พ.ค. 50	Baker Yeast	120.00	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลำดับที่	เลขที่ใบเสร็จ/ใบสำคัญรับเงิน	ว.ด.ป.	รายการ	จำนวนเงิน	หมายเหตุ
19	IV5005-00392	22 พ.ค. 50	Potassium sulfate 1 kg.	845.30	
20	13424	2 มิ.ย. 50	Handy drive 4 GB-KT 1 อัน	1,380.30	
21	166/8282	16 มิ.ย. 50	ตะแกรงร่อนสเตนเลส เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 นิ้ว เบอร์ 14	3,745.00	
			ตะแกรงร่อนสเตนเลส เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 นิ้ว เบอร์ 16	3,745.00	
			ตะแกรงร่อนสเตนเลส เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 นิ้ว เบอร์ 18	3,745.00	
22	084/4200	22 มิ.ย. 50	D(+) Biotin 1 ขวด	2,247.00	
23	RV14882	13 ก.ค. 50	Oligosynthesis 0.05 umol	1,524.75	
24	IV500700201	16 ก.ค. 50	เหล็กแผ่นเจาะรู เบอร์ 6	834.60	
			เหล็กแผ่นเจาะรู เบอร์ 6.5	834.60	
25	RV14723	25 ก.ค. 50	Oligosynthesis 0.05 umol	2,354.00	
26	1479/73903	1 ส.ค. 50	QIA quick Gel Extraction kit	4,387.00	
27	5002212	1 ส.ค. 50	pGEM-T Easy Vector System I	8,881.00	
28	500631	3 ส.ค. 50	Eco RI 1 pack	1,209.10	
			IPRG 1 ขวด	1,401.70	
			X-Gal 1 vial	3,199.30	
29	1346/67295	8 ส.ค. 50	B-PETTE, MANUAL PIPETTE FILTER	2,782.00	
30	IV5000940	17 ส.ค. 50	BP-100 SPRINGER 0203/0-PW-L 5 Kg.	4,547.50	
31	5008275	27 ส.ค. 50	Ribolock Ribonuclease Inhibitor	1,840.40	
			Revert Aid M-MuLV Reverse Trans. 200 u/ul	2,354.00	
			Random Hexamer	3,327.70	
32	450/0002	11 ก.ย. 50	DNA SEQUENCING 6 Reaction	3,852.00	
33	0221008918	28 ธ.ค. 50	ดิส USB San 2 GB	990.00	
			กระบอกใส่แบบ INCA#135	288.00	
			รวม	**100,634.5**	

ตารางแสดงรายละเอียดการใช้เงิน

โครงการวิจัยเรื่องการสกัดน้ำมันจากเมล็ดแมงลักและคุณสมบัติการพองตัวของสารเมือกจากกากที่เหลือ

(Extraction of Oil from Hairy Basil (*Ocimum spp.*) Seeds and Swelling Properties of Mucilage from Seed Residues)

รายงานฉบับสมบูรณ์

ระหว่าง วันที่ 1 ตุลาคม 2549 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2550

หมวด ค่าใช้สอย

ลำดับที่	เลขที่ใบเสร็จ/ใบสำคัญรับเงิน	ว.ด.ป.	รายการ	จำนวนเงิน	หมายเหตุ
1	023/112	18 ต.ค. 49	ค่าถ่ายเอกสาร	86.00	
2	459/0828	30 ต.ค. 49	ค่าวิเคราะห์ Aflatoxin	2,500.00	
3	IV50027	16 ต.ค. 49	ค่าวิเคราะห์ Aflatoxin	6,955.00	
4	574/25	10 พ.ย. 49	ค่าวิเคราะห์แร่ธาตุด้วย เครื่อง XRF	760.00	
5	A09016	28 พ.ย. 49	ค่าวิเคราะห์ Aflatoxin	3,852.00	
6	A0248	8 ธ.ค. 49	ค่าวิเคราะห์ Aflatoxin	5,778.00	
7	ใบสำคัญรับเงิน	4 ม.ค. 50	ค่าพาหนะ (แท็กซี่)	100.00	
8	IV50130	15 มี.ค. 50	ค่าวิเคราะห์ Aflatoxin	1,926.00	
9	611/1	10 เม.ย. 50	ค่าวิเคราะห์แร่ธาตุด้วย เครื่อง XRF	690.00	
10	IV50230	25 เม.ย. 50	ค่าวิเคราะห์ Aflatoxin	1,926.00	
11	666/0723	12 มิ.ย. 50	ค่าวิเคราะห์ Na	700.00	
12	2/006671	6 ก.ค. 50	ค่าจอดรถ	20.00	
13	002/030194	6 ก.ค. 50	ค่าจอดรถ	20.00	
14	054/049	9 ก.ค. 50	ค่าถ่ายเอกสาร	45.00	
15	080/088	9 ก.ค. 50	ค่าถ่ายเอกสาร	90.00	
			รวม	**25,448.00**	

รายละเอียดที่ได้ทำการแก้ไขตามความเห็นคณะกรรมการติดตามและประเมินผลฯ

1. วิธีการพัฒนาการสกัดน้ำมันจากเมล็ดแมงลักด้วยวิธี Supercritical carbondioxide ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพิ่มเติม พร้อมทั้งระบุรายละเอียดต่าง ๆ ที่ได้ ลงไปในส่วนของภาคผนวก ข
2. ระบุวิธีดำเนินการวิจัย (Experimental design) และการนำวิธีทางสถิติมาใช้ในการเปรียบเทียบ โดยทางคณะผู้วิจัยได้ระบุไว้ในภาคผนวก ข
3. การระบุชื่อสารเคมีจากภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทยให้สอดคล้องกันโดยมีการแก้ไขทั้งฉบับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย